كراسات الثقافة العلمية

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية

قصة المادة

نشأتها ، تركيبها ، وحالاتها

رئيس التحرير : د. أحمد شوقى

مدير التحرير : أ. أحمد أمين

دكتور

محمد زكى عويس







المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

قصة المادة

نشأتها ، تركيبها ، حالاتها

دكتور
محمد زكي عويس





الناشر
المكتبة الاكاديمية
شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٤

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٤م - ١٤٢٤هـ

المكتبـــة الأكاديميـــة

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٢,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير — الدقى — الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

كراسات الثقافة العلمية

هذه السلسلة :

تمثل تلبية صادقة للمساهمة فى الجهود التى تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية لقراء العربية. إن هذا المجال الهام، الذى نأمل أن يساعد فى إدماج ثقافة العلم ومنهجه فى نسيج الثقافة العربية، يحتاج إلى طفرة كمية ونوعية هائلة، وإلى فرز للجيد والردىء والنافع وغير النافع، بل وإلى كشف الإتجاهات المعادية للعلم، حتى وإن قدمت باسم العلم. إننا ننطلق من قناعة كاملة بتقدير ثقافتنا العربية / الإسلامية الأصيلة للعلم والعلماء، ومن إستناد على تاريخ مشرف للعطاء العلمى المنفتح على مسيرة العطاء العلمى للإنسانية فى الماضى والحاضر والمستقبل، ومن تطلع إلى أن نستعيد القدرة على هذا العطاء كى نشارك فى تشكيل مستقبل البشرية، الذى تلعب فيه الثورة العلمية والتكنولوچية دوراً محورياً كقوة دافعة ومؤثرة فى الوعى المعرفى للبشر وفى مجمل أنشطتهم ونوعية حياتهم، بل وفى قدرتهم على الإمساك بزمام أمورهم. وإذا كنا نؤمن بأهمية

تحول مجتمعاتنا العربية إلى مجتمعات علمية فى فكرها وفعلها، فإن ذلك لن يتأتى إلا بنشر واسع ومتميز لثقافة العلم بكل أشكالها. ونأمل أن تكون هذه السلسلة، التى تبنتها المكتبة الأكاديمية، خطوة على هذا الطريق.

هذه الكراسة :

نقدم للقارئ «قصة المادة»، التى تتعرف من خلالها على نشأتها وتركيبها وحالاتها. ونتطرق إلى الدور الذى يلعبه التوظيف الحميد لمعارفنا عن المادة فى بناء الحضارة. ومؤلف هذه الكراسة هو الدكتور محمد زكى عويس، أستاذ الفيزياء بعلوم القاهرة، الذى رأس وشارك فى أكثر من مشروع هام فى مجال تخصصه. والدكتور عويس يتمتع بعضوية اللجنة القومية للفيزيقا الحيوية بأكاديمية البحث العلمى ولجنة الثقافة العلمية بالمجلس الأعلى للثقافة، بالإضافة إلى العديد من اللجان والجمعيات العلمية الأخرى. ومن منطلق قناعته بأهمية نشر الثقافة العلمية فى المجتمع العربى، قدم للمكتبة العربية خمسة

عشر كتابا، تناولت موضوعات الفيزياء والليزر والبلورات السائلة وأسلحة الدمار الشامل والنظرية الموحدة لقوى الطبيعة. وهو من أنشط مؤلفى مشروع الكراسات، وأول من قدم إنتاجه لسلسلة كراسات الثقافة العلمية.

احمد شوقي

يناير ٢٠٠٤

الفهـرس

الموضـــوع	الصفحة

الموضـــوع	الصفحة

الفصل الأول

نشأة المـادة والكـون

عندما نتناول موضوع نشأة المادة والكون يخطر على بالنا العديد من التساؤلات من أهمها ما هو مركز وتاريخ الكون ؟ وكم يبلغ عمر الكون حتى الآن ؟ وهل للكون بداية وبالتالى يصبح له نهاية ؟ وهل للكون حدود ؟ أم أنه غير محدد وبالتالى فهو وجـد منذ الأزل هكذا ؟ وما هو مستقبل الكون ؟

دعنا بداية نجيب على التساؤل عن عمر الكون. هناك من علماء الطبيعة من مدرسة داروين يجعلوننا نعتقد أن الكون وجد هكذا دائماً، وأن السبيل الوحيـد لمعرفة حقيقة الكون هو اكتشاف كيفية تواجد المادة. هؤلاء المؤمنون بنظرية التطور يمكنهم فرضاً شرح جميع الظواهر خلال هذا الكون، وكما قال العالم «كارل ساجان» فى هذا الموضوع «أن كل شىء قد

حدث وما سوف يحدث هو أصلاً مرتبط بوجود المادة».

وحتى الآن، لم يستطـــع العلماء تحـديد تاريخ بداية الكون؟ والمحاولات المتاحة حالياً لتحديد عمر الكون يعتمد أساساً على تقدير الإنسان لعمر الأرض . بالفعل هناك رغبة شديدة لدى الإنسان لمعرفة كم يبلغ عمر الكون. وهناك تناقض بين التقدير المبنى على التفسير الحرفى كما جاء فى سفر التكوين الذى يقدر عمر الكون بحوالى ٦٠٠٠ عام والتقدير الأولى الحالى عن عمر الأرض الذى قدر بين ١٠ إلى ٢٠ بليون عام.

وهناك حقائق فى القواعد الحديثة لعلم الفلك تدعـم بشدة أن الكون محــدد، وبالتالى يكون له بداية ونهاية ! وخلال القرن العشرين وضع الفلكيون الصيغ الرياضية للنظريات الكونية وهى:

(أ) نظرية الانفجار العظيم للكون.

(ب) نظرية وضع الاستقرار الكونى.

(جـ) نظرية تذبذب الكون.

(أ) نظرية الانفجار العظيم:

تفرض هذه النظرية على أن الكون بدأ بانفجار هائل نتج عن ذلك إرسال جسيمات المادة فى جميع الاتجاهات. وكما نرى فى تكوين الشموس والكواكب والمجرات، وجميعها ينتقل بعيداً بعيداً فى الفضاء، وبالتالى فإن الكون يتمدد لا نهائياً. ويؤمن علماء الفيزياء الفلكية، بأن ٩٩,٩٧٪ من جميع المواد فى الكون قد تواجدت فجأة فى أقل من جزء من الثانية. هذه اللحظة تعرف «بحادثة خلق الانفجار العظيم». وإن جميع المجرات لا يمكن أن تعود مرة أخرى إلى مركز نشأتها الافتراضى ، وبناءً على ذلك ، تعتبر لحظة الانفجار العظيم هى نقطة بداية الكون وجميع المواد والطاقة وخلق كون الفراغ والزمن.

ويدعم العالم هذه النظرية، التى وضع فروضها عالم الرياضيات الروسى «الكسندر فريدمان» عام ١٩٢٢ م، حيث تنبأ بتمدد الكون. وبعد ثمانى سنوات أثبت العالم الإنجليزى «أدوين هابل» صحة هذا التنبؤ بواسطة الحيود الضوئى فى المدى الطيفى للضوء الأحمر. بعد ذلك دعم العالمان الإنجليزيان

هوكنج وبنروز عام ١٩٦٨ م فكرة تمدد الكون من خلال نظريات الإنفرادية. هذه النظريات أدت من خلال انعكاس الزمن إلى اختزال الكون عند نقطة البداية عند الزمن فى الماضى السحيق. وقبل هذه اللحظة كان الكون غير متواجداً ! والجدير بالذكر، أنه فى عام ١٩٦٥ م، نجح الباحثان فى معمل بل الأمريكى «أرنو بنزياس» و«روبرت ويلسون» من اكتشاف خلفية إشعاعية للكون فى المدى الطيفى للموجات الدقيقة، واعتبرت هذه الخلفية الإشعاعية محيا للكون القديم فى حالته الكثيفة جداً وشديدة السخونة. وبالطبع ما زالت هذه المشاهدات تحتاج إلى المزيد من التأكيد.

وفى عام ١٩٨٩ وضعت وكالة ناسا الأمريكية لعلوم الفضاء القمر الاصطناعى «كوب» المصحوب بتلسكوب هابل. وفى إبريل عام ١٩٩٢ استطاع الفلكيون من تحقيق أحد أهم الاكتشافات العظيمة على مر العصور. هذا الاكتشاف العظيم جاء مؤيداً لنظرية الانفجار العظيم من خلال : **أولاً** : تأكيد تمدد المجرات فى الكون وابتعادها عن بعضها البعض . **وثانياً** : تأكيد وجود الخلفية الإشعاعية الكونية فى المدى الطيفى

للموجات الدقيقة. هذا الإشعاع هو ما تبقى من لحظة خلق الانفجار العظيم. إن نظرية الانفجار العظيم لم تشرح نشأة المادة والسبب الذى أدى إلى نشأة الانفجار. لقد بين العالم الفيزيائى «آلان جوث» أن الانتروبى (مقياس درجة الفوضى فى علم الديناميكا الحرارية) تفرض أن قدرة الطاقة لبذل شغل قد تقل كل دورة تذبذبية تتابعية. وبناء على هذا الفرض قد يكون الكون قد وصل إلى حالة تسمى «توازن الإلغاء» Nullfying منذ زمن بعيد وأن جميع المواد قد تكتلت وأصبحت فى نقطة متناهية الصغر.

(ب) نظرية العوالم المتعددة للكون :

لقد جاء علماء التطور الطبيعى بنظرية العوالم المتعددة للكون لمناهضة نظرية الانفجار العظيم التى تقر بأن للكون بداية وهذا يتطلب بادئ. أن هذه النظرية تفرض وجود المادة دائماً، والتى صممت لكى تفسر كيف تواجد الكون بطرق طبيعية. ويعتقد هؤلاء العلماء بأن الكون يعيد توليد ذاته. ولذلك فرضوا الملايين والملايين المختلفة من الأكوان أو العوالم، كل منها

يختلف فى وضع النسب الأساسية والثوابت الكونية والتى يؤدى إلى فرصة الارتباط الصريح الذى يؤدى إلى ولادة كون جديد. ومن غرائب هذه النظرية أن هؤلاء العلماء يؤمنون بأن كوننا وحياتنا على هذه الأرض قد حدث بمحض الصدفة، وتعترف هذه النظرية بعدم وجود أى أدلة علمية لتواجد أى من الأكوان الأخرى والتى ترتبط بعالمنا. وتسمح هذه النظرية لكوننا بالتواجد على هذه الهيئة التصميمية بلا أى فروض أو معنى أو ذكاء أنها عملية عشوائية وأن التصميم ينبع من داخل الكون ذاته، هذا الفرض وُضِعَ بوضوح بواسطة العالم «چوليان هوكسلى» وهو حفيد العالم «الدوس هوكسلى» الذى كان شديد الارتباط بالعالم «تشارلز داروين» فقد صرح هوكسلى عام ١٩٥٩م فى احتفالية جامعة شيكاغو بنشر كتاب داروين بعنوان «أصل الأنواع» «أن الكون وجد وسوف يستمر فى الوجود تحت اتجاه الانتخاب الطبيعى لفرصة حدوث عمليات». أن هذه النظرية فى الحقيقة ما هى إلا «قصة الخلق». وفى الحقيقة وحتى الآن، لا يوجد أى تدعيم علمى لهذه النظرية.

مما سبق وطبقا لنظرية الانفجار العظيم فإن الكون بدأ منذ

أربعة عشر ألف مليون سنة بالانفجار العظيم. هذا الانفجار الهائل جعل الكون متواجداً. وقبل الانفجار العظيم لم تتواجد أى قوانين فيزيائية، ولم يوجد الزمن ولم تتواجد الجسيمات. عند البداية تواجدت كمية من الطاقة على شكل إشعاع، حيث أن الجسيمات الأولية قد ولدت من هذه الطاقة الإشعاعية وبعد الانفجار ظهرت الجسيمات الأولية وهى الكواركات واللبتونات. إلا أن الكون الابتدائى سرعان ما تبدل كلما تمدد وبرد. فلم تعد تتواجد الكواركات معزولة ولكنها تجمعت معاً من خلال البروتون والنيوتوون وهايدرونات أخرى تكونت على مدار ١٤ بليون عام.

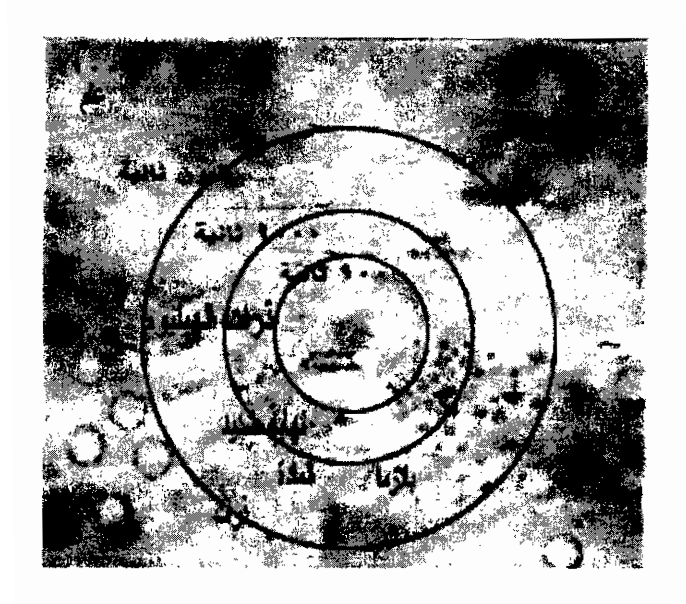
فى اللحظات القليلة التى تقدر ببضعة من النانوثانية (انانوثانية = ١٠^-٩ من الثانية)، كان الكون الابتدائى لا يشبه ما نعرفه اليوم. لقد كان صغيراً للغاية وشديد السخونة، لقد كان الكون فى حجم الذرة أو حتى نواة الذرة ولنا أن نتخيل كيف يكون الكون كله شديد الكثافة وفى هذا الحجم متناهى الصغر. بالطبع لم توجد المادة الاعتيادية بل كان الكون مملوء بجسيمات غريبة مثل الكواركات واللبنونات والبوزونات. لقد صنعت هذه

الجسيمات ما يسمى «بالحساء الأصلى» وكانت درجة حرارة هذا الحساء ما يقرب من عشرة آلاف مليون المليون من الدرجات المئوية، لقد كانت الجسيمات تتحطم وتتداخل مع بعضها بفعل هذه الطاقة الهائلة. وبعد مرور نانوثانية واحدة (أى جزء من ألف مليون جزء من الثانية) بدأ الكون فى التمدد واستمر فى التمدد طيلة ١٤ بليون عام. وكلما تمدد الكون فهو يبرد، حيث أن الجسيمات تفقد طاقة حركتها. وعملية التبريد تسمح بتكوين جسيمات جديدة دون أن تتحطم بفعل الاصطدام بطاقة عالية. وبعد مرور عشرة نانوثانية انخفضت الحرارة ووصلت درجتها إلى مليون المليون من الدرجات المئوية، حينذاك، بدأت البروتونات والنيوترونات فى التكوين. وكانت جميع هذه الجسيمات فى حالة تصادم والعديد من الجسيمات الجديدة وضديداتها بدأت فى التكوين.

نشأة المادة :

شهد الكون تطوراً هاماً بعد مرور ١ ,٠ من الثانية، عندما بدأت البروتونات والنيوترونات تمتزج معاً لتشكل ذرات الهليوم

ونظيره الديوتيريوم. لقد كانت الحرارة عندئذ مرتفعة وتقدر درجة الحرارة بخمسة آلاف مليون درجة مئوية، ولكن هذا المقدار كان كافياً للسماح بهذه النوى للاستمرار. لقد استمر هذا الاندماج إلى ما بعد خمسمائة ثانية من حدوث الانفجار العظيم. ويستخدم هذا الاندماج الذى حدث فى ذلك لوقت



المادة والكون

لتقدير كميات الهيدروچين والهليوم فى الكون الآن. وعلى الرغم من أن النوى التى تكونت كانت ساخنة ولم تسمح بتكوين الذرات، حيث أن الإلكترونات التى كانت تمسك من النواة سرعان ما تسبح بعيداً. إن الإلكترونات والنوى المشحونة بشحنة موجبة تشكل الغاز ولكنها تكون فى حالة انفصال هذه الجسيمات نطلق عليها اسم (البلازما)، فى هذه الحالة كانت درجة الحرارة كافية للاحتفاظ بتكوين البلازما لمدة ثلاثمائة ألف عام. والجدير بالذكر أن البلازما تمتص الأشعة الكهرومغناطيسية، ونظراً لأن جسمياتها مشحونة، لذلك كان من المستحيل مشاهدة الكون عند هذه اللحظة.

وبعد مرور بضعة مئات من الثوانى الأولى، عادة تتقابل الجسيمات الأولية مع ضديداتها ويتلاشيان معًا ، وتنبعث أشعة كهرومغناطيسية، فى هذه الحالة سوف يتكون الكون من أشعة ولا يحتوى على أى مادة. إذٍ كيف صنعت المادة فى الكون ؟

من المعروف أن المادة وضديداتها تتكون أساساً من كميات محددة من الجسيمات الأولية وضديداتها، إلا أنه لحسن حظنا،

كانت هناك جسيمات غريبة ذوات طاقة عالية، وكان معدل إنحلالها غير متماثل، وكان ٥٠,٣٥ ٪ منها يتحلل وينتج المادة، بينما ٤٩,٦٥ ٪ ينحل وينتج عنه ضديد المادة. وبناء على ذلك كان هناك اختلاف بسيط بين مقدار المادة وضديداتها وهذا الاختلاف يكفى لتطور الكون. وطبقاً لهذه النظرية فإن نسبة تواجد الإشعاع فى الكون أكبر من نسبة تواجد المادة. هذا الإشعاع قد تواجد بفعل عمليات الإفناء بين المادة وضديداتها. والجدير بالذكر أنه بعد مرور عدة مئات من الثوانى الأولى لم يتواجد فى الطبيعة أى ضديد للجسيمات.

عندما بدأت تتشكل الذرات كان عمر الكون ثلاثمائة ألف عام وكانت درجة حرارة الكون خمسة آلاف درجة مئوية. لقد كانت هذه الدرجة كافية لكى تسمح ببقاء الإلكترونات حول النواة. فى هذه الحالة تواجد عنصرين هما الهيدروچين والهليوم. وما زالا حتى الآن. وحتى ذلك الوقت كانت الجسيمات المشحونة فى البلازما تمتص الأشعة الكهرومغناطيسية، إلا أن تواجد الجسيمات المتعادلة لم تمتص هذه الأشعة، وانتشرت الموجات عبر الكون، حيث يمكن

رصدها الآن على هيئة الخلفية المرجعية الإشعاعية للموجات الدقيقة الكونية. وأن خريطة هذه الأشعة بينت لنا أن الكون الابتدائى كان غير منتظماً، حيث تكونت عناقيد من المادة عملت على تغيير فى شدة الكثافة الإشعاعية.

وعندما كان الكون عند عمر بين مائة مليون وألف مليون عام، بدأ تكوين أول النجوم. وما زالت تتوالد النجوم إلى اليوم (بعد انقضاء ١٤ بليون عام من حدوث الانفجار العظيم). إلا أن هناك ملايين من النجوم قد ماتت منذ حدوث هذا الانفجار العظيم. لقد تبين أن النجوم المحتضرة تحتوى فى تكوينها على عناصر ثقيلة مثل الكربون والحديد. ومثل هذه العناصر تدخل ضمن محتويات الكواكب التى تدور حول النجوم مثل شمسنا.

والجدير بالذكر، أن الذرات بأجسامنا قد صنعت من خلال التفاعل الاندماجى للأفران النووية للنجوم المحتضرة منذ ما يقرب من ثمانى بليون عام مضت. فى هذا الوقت كانت معظم هذه الذرات إما لعنصر الهيدروچين أو لعنصر الهليوم. هذا بالإضافة إلى وجود الكواركات والليبتونات التى كانت فى

حالة غليان بعد حدوث الانفجار العظيم بجزء ضئيل من الثانية. وتعتبر هذه الجسيمات الأولية الأساس للنموذج المثالى لنشأة المادة.

النموذج القياسى :

يعتبر النموذج القياسى هو التصور المقبول لفيزياء الجسيمات. هذا النموذج يصف الجسيمات الأولية والقوى بينها والطريقة التى تتحد بها لتكوين جسيمات أخرى جديدة. وبالرغم أن أسماء تلك الجسيمات يبدو جديداً وغريباً، إلا أن النموذج القياسى يعتبر أبسط النماذج الذى يقول أن المادة العادية لابد أن تكون مصنعة من عائلتين من الجسيمات الأولية هما اللبتونات والكواركات (انظر الجدول ١) وأن المادة تتماسك معاً (أو تنفصل) بفعل تأثير أربعة قوى أساسية (انظر الجدول ٢).

جدول ١ : الجسيمات

العائلة	الجسيم	استشعار القوى
كوارك	أعلى أسفل	جاذبية كهرومغناطيسية شديدة ضعيفة
لبتون	إلكترون نيوترينو	كهرومغناطيسية شديدة ضعيفة

جدول ٢ : القوى

القـــوة	تأثيرها على
الجاذبية	أى شىء له كتلة
كهرومغناطيسية	أى شىء له شحنة
النووية الشديدة	الكواركات والبروتونات والنيوترونات
القوة الضعيفة	جميع الجسيمات الأولية

جدول ٣ : الكواركات العلوية والسفلية التى تتحد فى حالة ثلاثية لصنع بروتونات ونيوترونات . اندماجها معاً والتقاط إلكترونات يعمل على تكوين الذرات والتى ترتبط معاً لتكوين الجزئ ، والذى يمكن أن يتشكل على هيئة خلية وخلق الكائنات .

النيكلون	الجسيم	استشعار القوى
البروتون	أعلى أعلى أسفل	
النيوترون	أعلى أسفل أسفل	

عائلة المواد :

تختلف اللبتونات والكواركات فيما بينها بعدة طرق من أهمها ما يلى :

* تتواجد اللبتونات بنفسها بينما تتواجد الكواركات متحدة مع بعضها وتكوين الهايدرونات.
* تشعر الكواركات بالقوة النووية الشديدة، بينما لا تشعر بها اللبتونات.

وعلى الرغم أن المادة الاعتيادية تتكون أساساً من هذه الجسيمات الأولية الأربعة، إلا أن النموذج القياسى تضمن جسيمات أخرى عديدة. وكل عائلة لها أربعة جسيمات إضافية، وكل جسيم مرتبط بضديد الجسيم. فقد تتحد كواركات زائدة مع بعضها البعض ومع ضديد الكواركات لتكوين هايدرونات عديدة جديدة. وبعيداً عن البروتونات والنيوترونات، فإن جميع الهايدرونات تكون غير مستقرة وتنحل خلال واحد بالمائة من الثانية، ولا يتكون أى جزء من المادة الاعتيادية . إلا أن هذه الجسيمات والكواركات تكون على درجة كبيرة من الأهمية للفيزيائيين وذلك للمساعدة فى وضع تصور كامل لإيجاد نظريات توحيد القوى (التى تسمى نظريات كل شىء).

المادة المظلمة :

مما سبق تبين لنا كيف استطاع العلماء فهم العديد من الظواهر الفيزيائية خاصة تلك الاكتشافات العلمية التى حدثت خلال القرنين الماضيين. ففى القرن التاسع عشر كان فهمنا للظاهرة الكهرومغناطيسية رائداً . خاصة ذلك الربط بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية وأن الضوء ما هو إلا أحد أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية . وبعد تطور اكتشاف العناصر واستكمال الجدول الدورى فى بداية القرن العشرين فهم العلماء أن العناصر تتكون من ذرات. وهذه الذرات هى أصغر قطعة من المادة الصلبة. ومع اكتشاف الإلكترونات والتى تبين فيما بعد أنها جزء من الذرة، بدأت تظهر صورة جديدة للمادة خاصة بعد بزوغ ميكانيكا الكم. وعزى العلماء اختلاف الخصائص الكيميائية للعناصر لاختلاف الشحنة الكهربية بالذرة. هذه الشحنات الكهربائية هى المسئولة عن توليد الضوء . وفى الوقت الحالى تمكن العلماء بواسطة الأجهزة العلمية الحديثة من اكتشاف المجرات البعيدة وتم اكتشاف والتحقق من وجود ما يسمى «بالمادة المظلمة». ورصد المادة المظلمة يتم بطريقة غير

مباشرة، خلال المشاهدات المرتبطة بتأثير جاذبيتها. ونظراً لأن المادة المظلمة لها كتلة، فإن جاذبيتها تسحب المادة المرئية نحوها. وبالنظر إلى الفضاء الذى يحيط بنا ورصده بأحدث المعدات والأجهزة، يمكن للمرء مشاهدة تأثير جاذبية المادة المظلمة على المادة المرئية. وبهذه الطريقة أمكن مشاهدة التأثير القوى للجاذبية على النجوم البعيدة، وسحب الغاز والسديم والمجرات والأجرام السماوية الأخرى. ولكننا لم نستطع رؤية المادة، التى تنتج كل شىء مؤثر. ويبدو أن القصة الحقيقية للكون تكمن فى المادة المظلمة. عند هذه اللحظة فإن المادة المظلمة يمكن الإشارة إليها بأنها أى مادة ويمكن رصدها بسهولة.

ولتفسير وجود المادة المظلمة، يجب أن نستطيع معرفة كيف تحترق النجوم والثقوب السوداء والثقوب القزمة. وقد بينت الاكتشافات الحديثة أن ٩٠٪ من الكون يتكون من المادة المظلمة ويبدو أنه أكثر استقراراً.

المعجلات :

فى عام ١٩١٠ استطاع العالم «أرتست راذرفورد» من اكتشاف التركيب الذرى بواسطة قذفها بجسيمات ألفا.

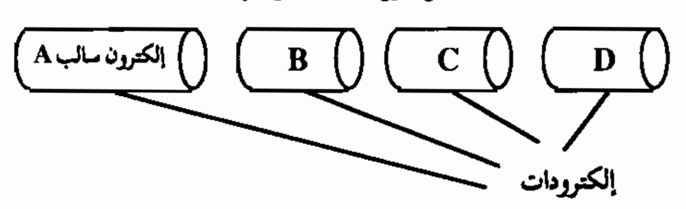
وحالياً، تمكن الفيزيائيون من معرفة التركيب للجسيمات دون الذرية وأيضاً يمكنهم من تخليق جسيمات جديدة وذلك باستخدام معجلات الجسيمات الضخمة، وبواسطة هذه المعجلات يمكن وصف تركيب البروتونات والنيوترونات، خاصة بعد أن طور الفيزيائيون نظرية الكواركات التى تفسر تكوين جميع الجسيمات التى تدخل فى تركيبها، فكيف تعمل هذه المعجلات ؟

يتم تشغيل المعجلات بنفس مبادئ تشغيل أنابيب الشعاع الكاثودى المستخدمة فى أجهزة التلفزيون : وعمل هذه الأنابيب الكاثودية يعتمد على الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة والتى تتنافر مع الإلكترود السالب وتنجذب نحو الإلكترود الموجب. والفولطية بين هذين الإلكترودين (الكاثود والأنود) يكون عادة بصفة آلاف من الفولطات. هذه الفولطية تعطى

طاقة للإلكترون تكون كافية لإحداث وهج صغير وينبعث الوميض من شاشات التلفزيون، وفى الفيزياء نحتاج إلي إلكترونات ذات طاقة عالية، لذا نحن فى حاجة إلى ڤولطية مرتفعة لدفع الإلكترونات بقوة وزيادة طاقاتهم الحركية. ونظراً أن زيادة الڤولطية عن بضعة آلاف من الڤولطات يؤدى إلى تحطم الإلكترودات وتتولد الشرارة الكهربية. وبالتالى لا يمكننا زيادة الفولطية مرة واحدة، ولكن يمكن عمل سلسلة من الدفعات الصغيرة لتدبير الڤولطية اللازمة. وهذه الطريقة تتبع فى «المعجل الخطى».

قاذفة الإلكترون العملاقة :

فى المعجل الخطى، تمر الإلكترونات عبر سلسلة من الإلكترودات، فإذا رغبنا فى زيادة تسارع الإلكترونات لابد أن تتجه الإلكترونات نحو الالكترود الموجب، ولذلك فإن الڤولطية بين الالكترودين لابد أن تتحول كلما مر خلالها الإلكترون (انظر الشكل المرفق).



(١) الإلكترود A يكون سالباً والإلكترود B يكون موجباً، وبالتالى يتسارع الإلكترون نحو اليمين.

(٢) قبل أن يمر الإلكترون فى الإلكترود B، يصبح سالباً أو الإلكترود C يكون موجباً للاحتفاظ بشد الإلكترون إلى اتجاه اليمين.

(٣) تتحول الفولطية للخلف مرة أخرى، حتى يصبح الالكترود D موجباً والإلكترود C سالباً لذلك نرى أن الإلكترون ينجذب نحو اليمين.

وخلال المعجلات الخطية تكون سرعة الإلكترونات متقاربة من سرعة الضوء بمقدار ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر/ ثانية لذلك يجب أن يتم تحويل الفولطية بسرعة جداً. وأن تكون الفولطية ذات تردد عالى يصل إلى بضعة من مئات الكيلو هرتز. ومع ملاحظة إن الإلكترود D يكون أطول من الإلكترود B، فإن

الإلكترونات تنتقل أسرع خلال الفترة التى تعبر فيها إلى هذا الإلكترود.

والجدير بالذكر أن أطول معمل خطى موجود فى ستانفورد بولاية كاليفورنيا الأمريكية. ويبلغ طول المعمل حوالى ٣ كيلو متر وله فولطية تسارع مؤثرة تبلغ 30 GV (حوالى ٣٠ جيجا فولت). ولكى نحصل على تسارع أكبر، فهذا يتطلب معجلات أطول كما يحتاج إلى مكان كبير، وبدلاً عن ذلك يمكن استخدام معجل خطى منحنى حول نفسه وهذا النوع من المعجلات يسمى السنكروتورون.

وإذا تم قذف الإلكترونات داخل مجال مغناطيسى فإنها تنحرف. ونظراً لأن القوة تأخذ دائماً اتجاه الزاوية القائمة على حركة الإلكترونات، لذا فإنها تتحرك على قوس الدائرة، وإذا غطى المجال المغناطيسى مساحة كبيرة كافية، فإن الإلكترونات تتحرك على مسار دائرة كاملة. ويمكن الآن وضع بعض الإلكترودات التى تعجل الإلكترونات كلما دارت. هذه هى فكرة عمل معجل السنكروترون. والجدير بالذكر، أن معجل السنكرترون يمكن استخدامه فى جميع أنواع الجسيمات. وفى حالة الجسيمات الموجبة مثل البروتونات، يجب تبادل المجال

المغناطيسى والتأكد أن الجسيمات دائماً تترك الإلكترود الموجب. وفى كل مرة تسير البروتونات فى مسار دائرى، فإن الإلكترودات تعطيهم دفعة وتعجلهم، مثل المعجلات الخطية تماماً. والڤولطية لهذه الإلكترودات تكون فى حالة تبادل مستمرة، حيث يترك البروتون الإلكترود الموجب ويتجه نحو الإلكترود السالب. فى هذه الحالة يكون معدل تبادل الڤولطية غير ثابت، كلما زادت سرعة البروتونات، فإنهم يمثلوا فترة قصيرة بين الإلكترودات . لذا لابد أن تتبادل الڤولطية بمعدل أسرع. وأيضاً يجب زيادة المجال المغناطيسى نظراً لأننا نحتاج لقوة أكبر للحفاظ على سرعة الإلكترونات فى نفس المدار. ونظراً لتزامن زيادة تردد تبادل الڤولطية مع زيادة المجال المغناطيسى مع سرعة البروتونات ، من هنا جاءت تسمية هذا النوع من المعجلات بالسنكرترون. والجدير بالذكر أن أكبر سنكرترون موجود حالياً فى المعمل الأوروبى للجسيمات الأولية المعروف باسم «سيرن». هذا المعجل يلتف خلال نفق تحت الحدود بين فرنسا وسويسرا. ويبلغ محيط المعجل ٢٧ كيلو متر ويوفر تسارع ڤولطى بفعالية ١٠٠ جيجا ڤولط (أى مائة ألف مليون ڤولط).

الفصل الثانى

تركيـــب المـــادة

١) نبذة تاريخية :

بداية، تطورت النظرية الفلسفية عن المادة، على يدى الفيلسوف اليونانى ديمقراطيس الذى عاش بين نهاية القرن الخامس وبداية القرن الرابع قبل الميلاد (٤٧٠ - ٣٧٠ ق.م) وهذه النظرية ليس لها أى سند من الحقائق التجريبية بقدر ما كانت محاولة لفهم الكون من وجهة النظر الفلسفية فى هذه النظرية، افترض «ديمقراطيس» أن جميع المواد تتكون من جسيمات متناهية الصغر غير قابلة للانقسام وقد أطلق اسم الذرة (Atom)على هذا الجسيم متناهى الصغر. وبناء على ذلك، فإن أى عينة من العنصر النقى يمكن تجزئتها إلى أجزاء صغيرة ثم إلى أجزاء أصغر حتى نصل إلى الحد الذى يصبح الجزء غير قابل للإنقسام. وكما افترض ديمقراطيس أن جميع الذرات

متشابهة وتصنع من المادة الأساسية، وأن ذات العناصر يكون لها أشكال وأحجام مختلفة. وتحدد خواص المادة طبقاً لأشكال وأحجام ذراتها. على سبيل المثال، تكون الذرات فى الموائع ملساء لدرجة تمكنها من الإنزلاق فوق بعضها البعض، أما ذرات المادة الصلبة فتكون خشنة ومتقاربة لدرجة تمكنها من الالتصاق بعضها مع بعضها، بالإضافة إلى تكون المادة من ذرات متناهية الصغر، افترض ديمقراطيس أن تكون المادة عبارة عن فضاء فارغ. واعتقد قدماء الإغريق بأن الذرات والفضاء الفارغ اللذان يكونان المادة هما الحقيقة الأخيرة لفهم الكون.

١ - ١) ميلاد النظرية الذرية الحديثة :

سادت فروض ديمقراطيس عن ماهية الذرة، حتى بداية القرن التاسع عشر الميلادى، عندما تمكن العلماء بعد مرحلة من الكفاح من وضع نظرية ذرية حديثة تمكنهم من فهم كم يكون عدد الذرات فى العنصر الواحد الذى يتواجد فى أشكال صلبة أو سائلة أو غازية.

وكانت أعمال الكيميائى الإنجليزى «چون دالتون» فى

بداية القرن التاسع عشر أول دليل علمى حول الطبيعة الحقيقية للذرات. لقد درس دالتون كيفية إرتباط كميات من العناصر المختلفة لتكوين مادة أخرى، مثل إتحاد عنصرى الهيدروچين والأوكسچين لتكوين الماء.

وفى كتابه الشهير بعنوان «نظام جديد لفلسفة الكيمياء» الذى صدر عام ١٨٠٨ م، وضع دالتون فرضيان أساسيان حول الذرات هما:

(١) تتشابه ذرات العنصر الواحد ولكنها تختلف بإختلاف العناصر.

(٢) تتشكل المواد الأكثر تعقيداً باتحاد ذرات العناصر المختلفة.

وبناء على ذلك فإن الذرات تتحدد الخواص الكيميائية والفيزيائية للمادة مهما كان شكلها، على سبيل المثال، ذرات الكربون قد تتواجد على هيئة الماس الصلد أو على هيئة جرافيت مرن. وطبقاً للنظرية الذرية اليونانية لديمقراطيس، فإن ذرات الألماس تختلف عن ذرات الجرافيت، أما فى نظرية دالتون تكون الذرات متشابهة فى كلتا الحالتين الألماس والجرافيت لأنهما مركبان من نفس العنصر الكيميائى.

والجدير بالذكر أن دالتون لاحظ أكثر من طريقة يمكن أن تتحد بها العناصر المختلفة، على سبيل المثال يعرف حالياً العلماء المعاصرين أن أول وثانى أكسيد الكربون هما أحد مركبات اتحاد الكربون والأوكسچين. وقد توصل دالتون إلى أن كميات العنصر المطلوب معرفتها لتشكيل مركبات أخرى تكون دائماً عدد صحيح مضروب بعضه البعض، فمثلاً نحتاج إلى مقدار الضعفين من عنصر الأكسچين لتكوين لتر واحد من أول أكسيد الكربون. هذه المركبات الوليدة أطلق عليها العلماء المعاصرين اسم الجزيئات.

١ - ٢) حالات المادة :

فى حينه، وضع العلماء فرضاً صحيحاً، بأن الذرات وهى فى الحالة الصلبة تتجاذب مع بعضها بقوة تكون كافية لتماسك الصلب معاً. فى ذلك الوقت لم يستطيعوا فهم لماذا لا تتجاذب ذرات المادة وهى فى الحالة السائلة أو الحالة الغازية بشدة. بعض العلماء ارتأى فى هذا الشأن أن تكون القوة بين الذرات تجاذبية عندما تكون المسافات التى تفصل بينها كبيرة

(كما هو الحال فى السوائل والغازات). وفى الحقيقة واجه العلماء صعوبة بالغة فى معالجة إمكانية تواجد المادة فى حالاتها المختلفة الصلبة والسائلة والغازية، وذلك لعدم فهمهم لطبيعة الحرارة بدرجة كافية. وفى الوقت الحالى، نعرف أن الحرارة هى شكل من أشكال الطاقة وأن اختلاف مقدار الطاقة فى المادة يؤدى إلى تواجدها فى حالات مختلفة.

وفى القرن التاسع عشر إعتقد الناس أن الحرارة هى من مكونات المادة وأطلقوا عليها اسم «السُعرية» ويمكنها أن تنتقل من جسم إلى آخر. هذا التفسير أطلق عليه اسم «النظرية السُعرية». لقد استخدم دالتون هذه النظرية وفرض أن جزئ الغاز يكون محاط بواسطة السُعرية والتى يتولد عنها قوة تنافر تفصله عن الجزيئات الأخرى. وبناء على نظرية دالتون، وعند تسخين الغاز تضاف سعرات إليه، مما يزيد من قوة التنافر بين الجزيئات وتبعاً للتجارب المعملية وجد أن بزيادة السعرات يزداد ضغط الغاز على جدران الوعاء. والجدير بالذكر أن هذا التفسير المبكر عن الحرارة وحالات المادة قد تحطم عندما بينت التجارب التى أجريت فى منتصف القرن التاسع عشر أن الحرارة تغير من طاقة

الحركة. وطبقاً للقوانين الفيزيائية فإن كمية الطاقة فى النظام لا تزداد، حينئذٍ تقبل العلماء أن الحرارة هى شكل من أشكال الطاقة وليست إحدى مكونات المادة.

١ - ٣) سلوك الغازات :

فى بداية القرن التاسع عشر تمكن الكيميائى الإيطالى «أميديو افاجادرو» من فهم كيفية سلوك الذرات والجزيئات فى الغاز. لقد بنى أفاجادرو عمله مستنداً على نظرية دالتون التى فرضت أن مركبات الغاز التى تتشكل باتحاد أعداد متساوية من ذرات عنصرين يكون لها نفس عدد الجزيئات التى تتساوى مع عدد ذرات العناصر الأساسية، على سبيل المثال، عند اتحاد عشر ذرات من عنصر الهيدروچين مع عشر ذرات من عنصر الكلورين فإنه يتكون عشرة جزيئات من غاز كلوريد الهيدروچين وفى عام ١٨١١ وضع أفاجادور قانوناً فيزيائياً يبدو متناقضاً مع نظرية دالتون، وينص على: عند إضافة حجمين متساويين من الغازات المختلفة، فإنها تحتوى على نفس عدد الجسيمات (ذرات أو جزيئات) إذا كان كلا الغازين عند نفس درجة الحرارة والضغط.

ففى تجربة دالتون، فإن حجم الأوعية الأساسية التى تحتوى على غازى الهيدروچين والكلور مساوى لنفس حجم الوعاء الذى يحتوى على غاز كلوريد الهيدروچين، عندئذ كان الضغط الغازى للهيدروچين والكلور الأساسى متساوياً بينما كان ضغط غاز كلوريد الهيدروچين مساوياً لضعف ضغط أى من الغازين الأساسيين. وطبقاً لقانون أفاجادرو فإن زيادة الضغط إلى الضعف يعنى أن عدد جزيئات غاز كلوريد الهيدروچين زاد إلى الضعف بالمقارنة بعدد الجزيئات لكل من الهيدروچين والكلور قبل اتحادهما. ومن أجل التقريب بين وجهتى النظر لكل من دالتون وأفاجادرو، فقد تم دفع أفاجادرو لكى يتضمن فى نتائج تجربته أن الأوعية الأساسية للهيدروچين أو للكلور تحتوى فقط على نصف عدد الجسيمات التى كان يفكر بها دالتون. ومهما كان، لقد عرف دالتون الوزن الكلى لكل غاز مما تواجد فى الوعاء. وقد أدرك أفاجادرو حقيقة تواجد ضعف عدد الذرات كلما تواجدت الجسيمات فى الوعاء وذلك بفرض أن غازى الهيدروچين والكلور مصنوعان من جزيئات وكل جزئ يتكون من ذرتين من الهيدروچين أو الكلور: وبناء على ذلك فإن عينة

من غاز كلوريد الهيدروچين تحتوى على ضعف عدد الجسيمات لأى من الهيدروچين أو الكلور، لأن جزيئان من كلوريد الهيدروچين يتشكلان عندما يتحد جزئ من الهيدروچين مع جزء من الكلور.

١ - ٣) القوى الكهربية فى الذرات :

فى عام ١٨٣٠ أخذ الفيزيائى الإنجليزى «مايكل فاراداى» أول خطوة ذو مغزى نحو التعبير عن أهمية القوى الكهربائية فى المركبات. فقد وضع فاراداى قطبين كهربائيين يتصل كل منهما بأحد أقطاب بطارية فى محلول من الماء يحتوى على مركب مذاب. ولاحظ فاراداى أنه بزيادة شدة التيار الكهربائى المار فى المحلول يتحلل إلى مركبات الأصلية ويترسب أحد عناصره على أحد القطبين بينما يترسب العنصر الآخر على القطب الآخر وقد اكتشف فاراداى أن كمية كل عنصر مترسب على كل قطب تتناسب طردياً مع مقدار شدة التيار الذى يمر فى المحلول. فكلما ازدادت شدة التيار، ازدادت كمية المادة المترسبة. وقد أدى هذا الاكتشاف بكل وضوح أن القوى الكهربائية هى المسئولة عن ارتباط الذرات فى المركب.

وبالرغم من الإكتشافات الهامة، فإن أكثر العلماء لم يتقبلوا بسهولة وصف الذرات لدالتون أو أفاجادرو أو فاراداى وأنها هى المسئولة عن سلوك المادة «فيزيائيا» أو «كيميائيا» وقبل نهاية القرن التاسع عشر اعتقد كثير من العلماء أن جميع الخواص الفيزيائية والكيميائية يمكن التحكم بها عن طريق القواعد الحرارية. هذا التصور يقرب الفهم عن ماهية الذرات من التصور الفلسفى اليونانى القديم : وكان لتطور علم الديناميكا الحرارية والتعارف على أن الحرارة هى إحدى أشكال الطاقة. وبناء على ذلك اعتبر العلماء أن الديناميكا الحرارية من أهم فروع الفيزياء وأكثرها شأنًا خاصة فى ظل الحيرة والبلبلة فى تفسير العلاقة بين الحرارة Heat ودرجة الحرارة Temperature وقد أمكن التوصل للربط بينهما من خلال وضع مفاهيم جديد لميكانيكا الشغل والطاقة والنظرية الجديدة للحرارة تسمى «النظرية الديناميكية» تقول أن الذرات أو الجزيئات فى أى مادة تتحرك أسرع عندما تكتسب طاقة حركة، ويتم ذلك كلما تم إضافة حرارة إلى المادة. وبالرغم عن ذلك، تبقى مجموعة صغيرة من العلماء غير مقتنعين بقبول فكرة

وجود الذرات. وأن هؤلاء اعتبروا أن الذرات ما هى إلا وسيلة رياضية لشرح كيمياء المركبات، وبالتالى فهى ليس لها أى كيان ذاتى حقيقى. وفى عام ١٩٠٥ أجرى الكيميائى الفرنسى «چين - بايتست پيرين» تجربة نهائية ساعدت فى إثبات النظرية الذرية للمادة، فقد شاهد پيرين إهتزازات غير منتظمة لحبوب اللقاح المعلقة فى السائل هذه الظاهرة تسمى «الحركة البرونية»، وقد فسرت الإهتزازات على أنها نتيجة لتصادم ذرات المائع مع حبوب اللقاح. وقد بينت هذه التجربة صحة فكرة أن المواد تتكون من ذرات حقيقية تكون فى حالة حركة حرارية. ومنذ ذلك الوقت بدأ العلماء فى قبول النظرية الذرية، وتحول الباحثين لبذل مزيد من الجهد لفهم الخصائص الكهربائية للذرة. ومن أبرز هؤلاء العالم الإنجليزى «سير ويليام كروكز» الذى درس تأثير مرور التيار الكهربائى خلال الغاز. فى هذه التجربة يتم وضع كمية صغيرة من الغاز فى أنبوبة زجاجية محكمة الغلق. ويتواجد على طرفى الأنبوبة قطبين كهربائيين. وعندما يتم إمرار التيار الكهربائى، فإن تياراً من الجسيمات المشحونة كهربائياً ينساب من أحد القطبين. هذا

القطب يسمى الكاثود وهذه الجسيمات سميت بأشعة الكاثود وهذه الجسيمات سميت بأنشطة الكاثود.

فى بداية الأمر، اعتقد العلماء أن هذه الأشعة تتكون من ذرات أو جزيئات مشحونة، إلا أن التجربة بينت أن أشعة الكاثود يمكنها أن تخترق شرائح رقيقة من المادة والتى لا يمكن لجسيمات كبيرة مثل الذرة أو الجزئ من افتراقها. وقد تمكن الفيزيائى الإنجليزى سير «جوزيف چون طومسون» من قياس سرعة أشعة الكاثود وتبين أن مقدار هذه السرعة أكبر من سرعة الذرات أو الجزيئات. فلا نعرف أى من القوى التى يمكن أن تعجل جسيم ثقيل مثل الذرة أو الجزئ بمثل هذه السرعة العالية. وأيضاً تمكن طومسون من قياس النسبة بين شحنة وكتلة أشعة الكاثود. وكانت قيمة هذه النسبة حوالى ألف مرة أكبر من أى قياسات سابقة من تلك القياسات التى ارتبطت بشحنة الذرات أو الجزيئات، مما يدل على أن جسيمات متناهية الصغر خلال أشعة الكاثود تحمل كميات كبيرة نسبياً من الشحنة.

لقد درس طومسون غازات مختلفة وكان دائماً يحصل

على نفس النسبة بين مقدار الشحنة إلى الكتلة. وقد لخص مشاهداته بإكتشاف نوع جديد من الجسيمات تحمل شحنة كهربائية سالبة ولكنها أخف فى القدرة بمقدار ألف مرة من كتلة الذرة المعروفة فى ذلك الوقت. وقد استنتج أن هذه الجسيمات هى مكونات لجميع الذرات. واليوم يعرف العلماء هذه الجسيمات «بالإلكترونات».

١ - ٥) نواة الذرة لراذرفورد :

لقد أدرك العلماء أنه إذا كانت جميع الذرات تحتوى على إلكترونات ولكنها فى نفس الوقت فهى متعادلة كهربائياً، فلابد أيضاً أن تحتوى تلك الذرات على عدد متساوٍ من الشحنات الموجبة للاتزان مع عدد الإلكترونات ذو الشحنة السالبة. بالإضافة إلى أنه إذا كانت كتلة الإلكترونات ضئيلة بالمقارنة مع أخف الذرات، إذاً فإن الشحنة الموجبة يجب أن تعوض الكتلة الباقية من الذرة.

لقد وضع طومسون نموذجاً لتفسير هذه الظاهرة وفرض أن الذرة هى كرة من الشحنة الموجبة التى ينغمس فيها

الإلكترونات السالبة مثل انغماس حبات الزبيب في رغيف الخبز.

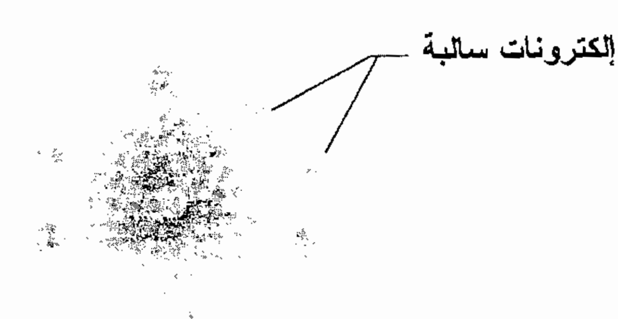
في عام ١٩١١ وضع العالم الإنجليزى أرنست راذرفورد اختباراً لفرض طومسون بواسطة قذف شعاع من الجسيمات المشحونة نحو الذرات في هذه التجربة اختار راذرفورد جسيمات ألفا لشعاعه، حيث أن هذه الجسيمات تكون ثقيلة وتحتوى على ضعف الشحنة الموجبة. وحالياً نعرف أن جسيمات الفا هى نوى ذرات الهليوم التى تحتوى على بروتونين ونيوترونين.

لقد نجح راذرفورد فى إجراء تجربته الشهيرة لدراسة تشتت جسيمات الفا الثقيلة موجبة الشحنة عند سقوطها على شريحة معدنية رقيقة من الذهب. وكانت مفاجئة كبيرة عندما وجد راذرفورد أن قليلاً من جسيمات الفا فقط قد انحرف عند المرور خلال الشريحة. أما العدد الأعظم منها فقد نفذ بسهولة من الشريحة دون أى تأثير. من هنا وضع «راذرفورد» نموذجاً جديداً للشكل الذرى، فتتكون الذرة فى هذا النموذج من مركز ثقيل يحتوى على شحنة موجبة ويحوم حول هذا المركز وفى مدارات خاصة الإلكترونات سالبة الشحنة، وتستقر الإلكترونات فى

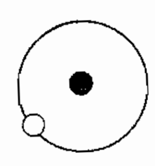
مداراتها بفعل القوة الكهربائية بينها وبين الشحنات الموجبة في المركز. ويشبه هذا النموذج بالنظام الشمسي الذي يتماسك معاً بفعل قوة الجاذبية. فعلى امتداد مائة عام من عصر دالتون إلى عصر راذرفورد، كانت الفكرة الأساسية حول التركيب البنائي للذرات تتطور من القواعد الرئيسية لكيفية اتحاد الذرات معاً إلى محاولة فهم مكونات الذرات التي تتشكل من نواة ذات شحنة موجبة تحاط بالإلكترونات ذوات الشحنة السالبة. وهذا التصور عن تركيب الذرة احتاج إلى مزيد من الدراسة لمعرفة التفاعلات بين النواة والإلكترونات. وكان من الطبيعي على الفيزيائيين دراسة هذا النموذج الذري، حيث تدور الإلكترونات متناهية الصغر في مدارات حول النواة الثقيلة، كما هو الحال في نظام المجموعة الشمسية، حيث تدور الكواكب في مدارات حول الشمس الثقيلة. ولذلك اعتبر نموذج راذرفورد لوصف الذرة بأنه نظام شمسي متناهي الصغر.

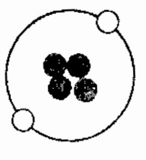
١ - ٦) نموذج بور (Bohr)

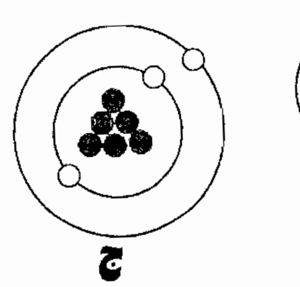
لقد استعمل الفيزيائى الدنماركى «نيل بور» معارف جديدة حول الانبعاث الإشعاعى من الذرات لتطوير النموذج الذرى والذى إختلف بوضوح عن نموذج رادرفورد. ففى القرن التاسع عشر إكتشف العلماء انبعاث الضوء من ذرات الغاز المتواجد داخل أنبوبة زجاجية محكمة الغلق، ويتم ذلك عند مرور شحنة كهربائية داخل الغاز. ويحدث هذا الإشعاع عند طول موجى محدد يعتمد على نوع الغاز والعناصر المختلفة المكونة له. لقد عمل «بور» فى معمل رادرفورد لوضع مفهوم حول الإنبعاث الإشعاعى عند الأطوال الموجية التى تعتمد على النموذج النووى للذرات. وبإستخدام نموذج رادرفورد الذرى كما لو أنه مجموعة شمسية متناهية الصغر، تمكن «بور» من تطوير نظرية مكنته من التنبؤ بنفس الأطوال الموجية التى يستطيع العلماء قياسها للانبعاث الإشعاعى من الذرات بواسطة إلكترون وحيد. وعندما نتصور هذه النظرية، نجد أن «بور» وضع إستنتاجات مبدئية، نظراً لانبعاث الضوء من الذرات عند أطوال موجية منفصلة، وهذا يحتم دوران الإلكترونات فى مدارات



نموذج طومسون للذرة
إلكترونات مشحونة بشحنة سالبة مرصعة نواة هلامية
مشحونة بشحنة موجبة







أ ب ج

نموذج بوهر للذرة
إلكترونات مشحونة بشحنة سالبة تحوم فى مدارات حول
النواة المشحونة بشحنة موجبة

أ) ذرة الهيدروچين (إلكترون يحوم حول النواة المكونة من بروتون واحد)

ب) ذرة الهليوم (إلكترونين يحومان حول النواة المكونة من برتونين ونيوترونين .

ج) ذرة الليثيوم (ثلاث إلكترونات تحوم حول النواة المكونة من ثلاثة بروتونات وثلاثة نيوترونات .

محددة أنصاف أقطارها حول النواة. وأن الضوء ينبعث فقط عندما يقفز إلكترون بين هذه المدارات. وقد تعارض هذان الاستنتاجان مع مفهوم الفيزياء الكلاسيكية الذى كان سائداً فى ذلك الوقت والذى لم يضع أى قيود حول حجم مدارات الذرة. ومن أجل استعمال هذه النظرية وضع «بور» قواعد خاصة مخالفة لقواعد الفيزياء الكلاسيكية، فقد استخلص أنه على المقياس الذرى، فإن المدارات المفضلة للحركة تكون مستقرة، أى أن الإلكترونات التى تدور فى هذه المدارات لا ينتج عنها أى انبعاث إشعاعى (وهذا يتناقض مع قوانين الكهرومغناطيسية).

والجدير بالذكر أنه وأثناء تطوير العالمان «بور» وراذرفورد للنموذج النووى للذرة، قد بينت بعض التجارب المشابهة فشل الفيزياء الكلاسيكية. هذه التجارب شملت الانبعاث الحرارى للإشعاع من الأجسام الساخنة والمتوهجة وانبعاث الإلكترونات من أسطح المعادن عند تشخيصها بالضوء فى المدى الطيفى فوق البنفسجى، وهذا ما عرف بالتأثير الكهروضوئى. ولم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسير هذه المشاهدات، ولذلك أدرك

العلماء حاجتهم إلى مسلك آخر. وهذا المسلك الجديد أطلقوا عليه اسم «ميكانيكا الكم»، وتطورت الرياضيات الأساسية لهذه الميكانيكا فى حقبة العشرينات من القرن الماضى. فإن قوانين الفيزياء الكلاسيكية تعمل بدقة على المقياس اليومى للأجسام. ولكن على المقياس الذرى متناهى الصغر فإن قوانين ميكانيكا الكم هى التى تسود.

١ - ٧) نظرية الكم للذرات :

فى الفترة من ١٩٢٤ - ١٩٣٠ م اهتم الفيزيائيون بتطوير منهج ديناميكى نظرى للمساعدة فى دراسة سلوك الأجسام دون الذرية. وفى عام ١٩٢٤ م، فرض الفيزيائيان «لويس فكتور» و «دى برولى» أن الأجسام المادية لها خاصية موجية مثل الأشعة الكهرومغناطيسية. هذا الفرض كان مدخلاً لما يسمى الآن «بميكانيكا الكم» أو «ميكانيكا الموجات». وبناء على ذلك فإن الطول الموجى لما يسمى موجات المادة يعطى بالعلاقة $\lambda = \frac{h}{p}$، حيث أن $\overline{P} = m\overline{v}$ تمثل كمية الحركة للجسم الذى كتله m وسرعته $\overline{v}$. وموجات المادة تمثل موجات

إرشادية عن حركة الجسم. وقد إهتم الفيزيائيون الألمان «ويرنر هيزنبرج» و«ماكس بورن» و«ارنست باسكوال» والنمساوى «ايروين شرودنجر» بالنتيجة التى توصل إليها «دى برولى» عن الخاصية الإزدواجية (الجسيمية / الموجية) للأجسام. وقد ساهم هؤلاء جميعاً فى تطوير فكرة «دى برولى» بطريقة رياضية قادرة على التفاعل مع عدد من الظواهر الفيزيائية التى لم تعالج بقواعد الفيزياء الكلاسيكية. وبفضل ميكانيكا الكم، أمكن التأكد من نجاح نموذج «بور» للذرة عن طريق تكمم مناسيب الطاقة المدارية بالذرة. وكان لتطوير «مبدأ الاستثناء» الذى وضعه الفيزيائى الأمريكى (نمساوى المولد) «وولف جانج بولى» عام ١٩٢٥ م بالغ الأثر فى تطبيق قواعد ميكانيكا الكم، ومبدأ الإستثناء ينص على أنه لا يمكن لإلكترونين فى الذرة أن يكون لهما نفس درجة التميز. وفى سياق التوحيد بين ازدواجية العلاقة الجسمية والموجية ومبدأ باولى للإستثناء تم وضع قواعد لملء مدارات الذرة بالإلكترونات. وأن الطريقة التى تمتلى بها المدارات تحدد عدد الإلكترونات المتبقية التى تحتل القشرة المكافئة للذرة. هذه الإلكترونات تسمى «إلكترونات

التكافؤ» وهى المسئولة عن تحديد الخواص الكيميائية والفيزيائية للذرات، مثل كيفية تفاعل الذرات والتوصيل الكهربائى. هذه القواعد فسرت كيف تختلف خواص الذرات التى تحتوى على نفس عدد الإلكترونات وكيف تتكرر الخواص الكيميائية بانتظام فيما بين العناصر.

٢) الذرة :

مما سبق يتضح لنا أن الذرة هى أصغر وحدة بناء أساسية للمادة. وجميع المواد على الأرض تتكون من تركيبات مختلفة من الذرات. الذرات هى جسيمات متناهية الصغر للعنصر الكيميائى التى تحمل كل خصائصه الكيميائية. ويمثل صف مكون من مائة مليون ذرة طول قدره واحد سنتيمتر. وفهم الذرات يمثل المفتاح الرئيسى لمعرفة العالم الفيزيائى. ويتواجد فى الطبيعة أكثر من مائة عنصر، وكل عنصر له ذراته الفريدة. وذرات العناصر المختلفة تتحد معًا بطرق مختلفة وينتج عنها عدد من المركبات الكيميائية، وعندما تتحد ذرتين أو أكثر فيتشكل ما يسمى «بالجزئ».

ومنذ خلق الكون حتى الآن، نرى أن النظم البيولوچية تتألف من ذرات وفهم التركيب الذرى وخصائصه يلعب دوراً رئيسياً فى مجالات الفيزياء والكيمياء والطب وفى العلم المعاصر تكون المعارف الذرية هامة للربط بين العالمين الفيزيائى والبيولوچى فى النظم المعقدة. كما تلعب المعارف الذرية دوراً هاماً فى جميع العمليات التى تحدث على الأرض وفى الفضاء. وجميع الكائنات لديها مجموعة من المركبات الكيميائية والتفاعلات التى تساعدها على هضم الغذاء ونقل إنتاج الطاقة أما فى الفضاء. فالنجوم مثل الشمس تعتمد على تفاعلات نوى ذراتها لإنتاج الطاقة. وفى الحقيقة يعمل العلماء على تكرار هذه التفاعلات فى معاملهم على الأرض للتعلم حول العمليات التى تحدث فى هذا الكون. والآن نعلم أن الذرات تحتوى على جسيمات أصغر تسمى الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات. والذرة تتكون من سحابة من الإلكترونات تحيط حول نواة كثيفة من البروتونات والنيوترونات، والإلكترونات والبروتونات لهما خصائص الشحنة الكهربائية التى تؤثر فى طريقة تفاعلهما معاً ومع الجسيمات المشحونة الأخرى.

فالإلكترونات تحمل شحنة سالبة، بينما تحمل البروتونات شحنة موجبة، والشحنة السالبة تكون معاكسة للشحنة الموجبة بالمثل كما يحدث فى الأقطاب المغناطيسية المختلفة هذه الشحنات المتعاكسة تجذب أحدهما الأخرى. وعلى العكس فالشحنات المتشابهة (سالبة مع سالبة) أو (موجبة مع موجبة) فتطرد أحدهما الأخرى. ومن المعروف أن قوة التجاذب بين إلكترونات الذرة ونواتها تجعل الذرة متماسكة، وعادة تكون الذرات متعادلة كهربائياً وهذا يعنى أن عدد الإلكترونات بها يكون مساوياً لعدد البروتونات فى نواتها. ونواة الذرة تحتوى بالتقريب على مقدار كتلة الذرة ولكنها تحتل جزء ضئيل من الفضاء داخل الذرة. وقطر النواة فى حدود ١×١٠^{-١٤} متر وهذا يمثل ١ : ١٠٠٠٠٠ جزء من القطر الداخلى للذرة. والسحابة الإلكترونية بالذرة هى التى تحدد حجمها على سبيل المثال إذا تمددت الذرة لكى يصبح حجمها مساوى لحجم ستاد رياضى تصبح النواة فى حجم حبة العنب.

٢ - ١) الإلكترونات :

الإلكترونات هى جسيمات متناهية الصغر مشحونة بشحنة

سالبة، وتشكل سحابة حول نواة الذرة. وكل إلكترون يحمل وحدة أساسية وحيدة من الشحنة الكهربائية السالبة أو ببساطة -١ . والإلكترون هو أخف الجسيمات ذو كتلة معرفة. فقطرة من الماء تزن حوالى بليون البليون البليون مرة من وزن الإلكترون، ويعتقد الفيزيائيون أن الإلكترونات هى أحد الجسيمات الأساسية فى الفيزياء، وهذا يعنى أن الإلكترونات غير قابلة للإنقسام إلى مكونات أصغر منها، كما يعتقد الفيزيائيون أن الإلكترونات ليس لها أى حجم حقيقى وبدلاً عن ذلك فهى تمثل نقاط فى الفضاء. أى أن الإلكترون له نصف قطر يساوى صفراً. وفى الوقت الحالى يسلك الإلكترون سلوك الجسيم كما يمكنه أن يسلك سلوك الموجات، وفى الحقيقة تمتلك جميع الأجسام هذه الخاصية، ولكن السلوك الموجى للأجسام الكبيرة مثل حبات الرمال، أو كرات البلياردو أو حتى الناس يكون صغيراً ولا يمكن قياسه.

وفى حالة الجسيمات الصغيرة يكون السلوك الموجى قابلاً للقياس وهاماً، والإلكترونات تسير حول النواة فى الذرة ونظراً لسلوكها الموجى، فيكون مسارها غير محدد كما هو الحال فى

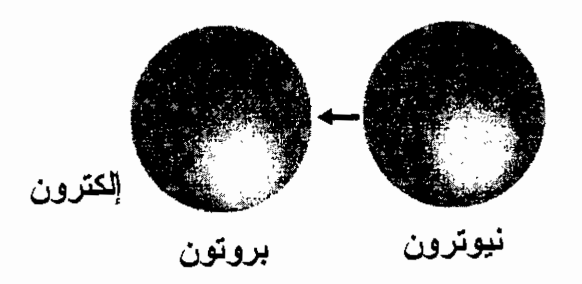
دوران الكواكب حول الشمس، وبدلاً عن ذلك فهى تشكل مناطق من الشحنة الكهربائية السالبة حول النواة. هذه المناطق تسمى «مدارات» وهى تناظر الفراغ الذى يرغب أن يتواجد فيه الإلكترون، كما سوف تناقشه فيما بعد فإن المدارات فى الذرة لها أحجام وأشكال مختلفة تعتمد على مقدار طاقة الإلكترونات التى تحتلها.

٢ - ٢) البروتونات والنيوترونات :

البروتونات تحمل شحنة موجبة +١ تماماً عكس الشحنة الكهربائية للإلكترون، وعدد البروتونات فى النواة يحدد الكمية الكلية للشحنة الموجبة فى الذرة. وفى الذرة المتعادلة كهربائياً يكون عدد الإلكترونات مساوياً لعدد البروتونات، حيث أن الشحنات الموجبة والسالبة تتعادل وتصبح مقدارها صفراً، والبروتون هو جسيم صغير ولكنه ثقيل بالمقارنة بالجسيمات الأخرى التى تصنع منها المادة، وكتلة البروتون تقدر بحوالى ١٨٤٠ مرة ضعف كتلة الإلكترون.

والنيوترونات لها نفس حجم البروتونات تقريباً ولكن كتلها

تكون أكبر منها قليلاً، وبدون تواجد النيوترونات بنواة الذرة لأطاحت قوة التنافر بين الشحنات الموجبة للبروتونات بالنواة وطارت بعيداً. فإذا لم تحتوى النواة على أى نيوترونات لأصبحت نواة غير مستقرة نظراً لقوة التنافر بين البروتونات، على سبيل المثال نواة ذرة الهليوم تحتوى على واحد أو اثنين من النيوترونات لكى تكون مستقرة.



تحول النيوترون وإنتاج أشعة بيتا السالبة

ومعظم الذرات المستقرة تتواجد على فترات زمنية طويلة، إلا أن بعض الذرات الغير مستقرة سرعان ما تتحطم ذاتياً وإلى أجزاء وتتغير أو تضمحل إلى ذرات أخرى. وبعكس الإلكترونات التى تمثل جسيمات أولية، فإن البروتونات والنيوترونات مكونة من جسيمات أصغر منها تسمى «كواركات». ويعرف الفيزيائيون عدد ستة كواركات مختلفة، فالنيوترونات والبروتونات تتألف من كواركات علوية وسفلية. وهما اثنين من أنواع الكواركات الستة المختلفة. وهذه الأسماء التخيلية عن الكواركات ليس لها أى علاقة مع خصائصها فالأسماء مجرد علامات بسيطة للتمييز بين كوارك وآخر وتنفرد الكواركات دون الأجسام الأولية الأخرى، بأنها تمتلك شحنات كهربائية تمثل أجزاء من الشحنة الأساسية. وجميع الجسيمات الأخرى لها شحنات كهربائية إما صفر أو عدد صحيح مضروب فى مقدار الشحنة الأساسية، فالكواركات العلوية لها شحنة كهربائية مقدارها شيئاً موجباً، والكواركات السفلية لها شحنات مقدارها شيئاً سالباً، والبروتونات يتكون من كواركين علويين وكوارك سفلى واحد، لذا فإن شحنته تكون

شيئاً موجباً + شيئاً موجباً - شيئاً سالباً ليعطى شحنة كلية مقدارها +١. ولكن النيوترون يتكون من كوارك علوى وكواركين سفليين، لذا فإن شحنته الكهربائية تكون شيئاً موجباً - شيئاً سالباً - شيئاً سالباً ليعطى شحنة كلية مقدارها صفر. ويعتقد الفيزيائيون أن الكواركات هى جسيمات أولية ليس لها أى تركيب داخلى وبالتالى فهى غير قابلة للانقسام.

٣) الخصائص الذرية :

تمتلك الذرات عدة خصائص تساعد على التمييز بين أنواعها ويمكن معرفة العوامل المؤثرة على التحولات الذرية.

٣ - ١) العدد الذرى :

كل عنصر له عدد مميز من البروتونات فى ذراته، هذا العدد يسمى العدد الذرى ويرمز له بالرمز Z، ونظراً لأن الذرة تكون متعادلة كهربائياً، فإن العدد الذرى يحدد أيضاً عدد الإلكترونات التى تمتلكها الذرة، وعدد الإلكترونات يحدد بالتالى الخصائص الكيميائية والفيزيائية للذرة، فأخف الذرات وهى ذرة الهيدروچين يكون عددها الذرى يساوى واحد وتحتوى على

بروتون واحد وإلكترون واحد، إن أثقل الذرات وأكثرهم استقراراً هى ذرة البيزموث يكون عددها الذرة Z = 83 وهناك بالطبع ذرات أخرى ثقيلة ولكنها غير مستقرة وتتواجد فى الطبيعة ولكنها سرعان ما تتحلل مع الزمن وتتحول إلى ذرات أخرى. وقد نجح العلماء فى إنتاج عناصر ثقيلة غير مستقرة فى معاملهم.

٣ - ٢) العدد الكتلى :

يمثل مجموع عدد البروتونات والنيوترونات فى نواة الذرة العدد الكتلى ويرمز له بالرمز A. والعدد الكتلى للذرة يعادل تقريباً وزن الذرة، ونظراً لأن الإلكترونات تكون خفيفة جداً فهى لا تمثل فى العدد الكتلى، فالهليوم المستقر له عدد كتلى يساوى ثلاثة (بروتونين + نيوترون واحد) أو يساوى أربعة (بروتونين + نيوترونين)، أما عنصر البزموث الذى يكون عدده الذرى مساوياً ٨٣ بروتوناً فيتطلب عدد ١٢٦ نيوتروناً لكى يصبح مستقراً، وبالتالى يكون عدده الكتلى مساوياً ٢٠٩ (مجموع عدد البروتونات + عدد النيوترونات).

٣ - ٣) الكتلة والوزن الذرى :

عادة يقيس العلماء كتلة الذرة بوحدة أُطلق عليها وحدة الكتلة الذرية، وهذه الوحدة تعادل $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون التى تمتلك نواتها عدد ستة بروتونات وستة نيوترونات، على هذا المقياس الذرى للكتلة وجد أن كتلة البروتون تساوى 1.00728 وحدة كتلة ذرية، بينما وجد أن كتلة النيوترون تساوى 1.00866 من وحدة الكتلة الذرية، وبناء على ذلك، فإن كتلة الذرة المقاسة بوحدات الكتلة الذرية تساوى تقريباً العدد الكتلى للذرة.

ويستخدم العلماء جهاز يسمى «مطياف الكتلة» فى قياس الكتلة الذرية، وفكرة عمل هذا الجهاز هى إمكانية إزالة إلكترون أو أكثر من الذرة، والجدير بالذكر، أن إزالة بعض الإلكترونات من الذرة لا يغير كتلتها على الإطلاق، بعد ذلك يمكن إرسال هذه الذرات المتأينة خلال مجال مغناطيسى وتكون هناك منطقة يؤثر بها المجال المغناطيسى أو المجال الكهربائى على الجسيمات المشحونة، ونظراً لإزالة بعض

الإلكترونات من الذرة، فيكون عدد البروتونات بها أكثر من عدد الإلكترونات، وبالتالى تصبح الذرة أيونًا موجباً. فى هذه الحالة يعمل المجال المغناطيسى على إنحناء مسار هذا الأيون الموجب عندما يتحرك خلاله، ويعتمد مقدار إنحناء المسار على كتلة الذرة، فالذرات الخفيفة تتأثر بقوة أكبر من الذرات الثقيلة، وبقياس المنحنيات المرتبطة بالمسار الذرى، أمكن للعلماء تعيين كتلة الذرة، والكتلة الذرية التى تعتمد على أعداد البروتونات والنيوترونات فى الذرة ترتبط أيضاً بالوزن الذرى للعنصر، وعادة يعزى الوزن إلى تأثير قـوة الجاذبية الأرضية على الجسم، ولكن الوزن الذرى ما هو إلا طريقة أخرى للتعبير عن الكتلة، فالوزن الذرى لعنصر ما يعطى بالجرامات، وهو يمثل كتلة واحد جزئ جـرامى (واحـد جـزئ جرامى يحتوى 6.02×10^{23} ذرة) من هـذا العنصر، وعددياً، فإن الكتلة الذرية تساوى الوزن الذرى للعنصر، ولكن الأول يقاس بوحدة الكتلة الذرية والثانى يقاس بالجرامات، لذلك، فإن الوزن الذرى لعنصر الهيدروچين يساوى واحد جرام، بينما كتلته الذرية تساوى واحد وحدة كتلة ذرية.

والذرات فى العنصر الواحد التى تختلف أعدادها الذرية أطلق عليها العلماء إسم «النظائر»، ونظراً لأن كل الذرات للعنصر المعطى يكون لها نفس الأعداد من البروتونات فى نواتها، فإن النظائر تختلف فيما بينها بإختلاف عدد النيوترونات بها، على سبيل المثال عنصر الهليوم، له عدد كتلى يساوى 2 لأنه يحتوى على بروتونين فى نواته، ولكن للهليوم نظيرين مستقرين، أحدهما عنده نيوترون فى النواة وبالتالى يكون عدده الكتلى مساوياً 3، والآخر عنده نيوترونين وبالتالى يكون عدده الكتلى 4.

وقد ربط العلماء اسم العنصر بالتمييز بنظائره ولهذا فإن الهليوم الذى يكون عدده الكتلى ثلاثة يسمى هليوم – ٣، والذى يكون عدده الكتلى أربعة يسمى هليوم – ٤، ومن المعروف الآن أن عنصر الهليوم يتواجد على الأرض فى شكله الطبيعى المكون من خليط من هذين النظيرين، وتسمى النسبة التى يتواجد بها النظير فى الطبيعة «بوفرة النظير». وقد وجد أن تواجد نظير الهليوم – ٣ فى الطبيعة يكون ضئيلاً جداً بنسبة ٠,٠٠٠١٤ بالمائة، ووفرة النظير هليوم – ٤ هى 99.9986

بالمائة، وهذا يعنى أن كل مليون من ذرات الهيليوم تتواجد ذرة واحد من النظير هليوم - ٣ والباقى يكون هليوم - ٤. أما عنصر البزموث له نظير مستقر واحد هو بزموث - ٢٠٩ وتكون وفرته ١٠٠٪.

أما العنصر الذى له أكبر عدد من النظائر المستقرة فهو عنصر القصدير، حيث له فى الطبيعة عشرة نظائر مستقرة وجميع العناصر لديها نظائر غير مستقرة، هذه النظائر معرضة إلى الاضمحلال والتحطم بالمقارنة بالنظائر المستقرة للعنصر، وعندما تضمحل الذرات، فإن أعداد البروتونات بنوياتها يتغير، ونظراً إلى أن عدد البروتونات بالذرة يحدد نوع العنصر، فإن هذا الإضمحلال يغير العنصر ليصبح عنصراً أخراً، والجدير بالذكر، أن النظائر المختلفة تضمحل بمعدلات مختلفة، وإحدى طرق قياس معدل إضمحلال النظير هو إيجاد «نصف العمر»، ويعرف «نصف عمر» النظير بالزمن المستغرق حتى تضمحل نصف الكمية من عينة النظير.

وعادة لا يحدد العلماء الوزن الذرى لنظائر العنصر كل على حدة، بل يكون الوزن الذرى للعنصر هو متوسط الأوزان

الذرية لجميع النظائر لهذا العنصر أخذاً فى الاعتبار وفرة كل نظير، على سبيل المثال عنصر النحاس له فى الطبيعة نظيرين هما: نحاس - ٦٣ وكتلته الذرية ٦٢,٩٣ وحدة كتلة ذرية ووفرته ٦٩,٢٪ أما النظير الآخر نحاس - ٦٥ فيكون كتلته الذرية ٦٤,٩٢٨ وحدة كتلة ذرية ووفرته ٣٠,٨٪، وبناء على ذلك فإن متوسط كتلة عنصر النحاس فى الطبيعة هو مجموع الكتلة الذرية لكل نظير مضروبة فى وفرة النظير، لذلك بالنسبة للنحاس فإن متوسط كتلته = (٦٢,٩٣ وحدة كتلة ذرية × ٠,٩٦٢) + (٦٤,٩٢٨ وحدة كتلة ذرية × ٠,٣٠٨) = ٦٣,٨٤٥ وحدة كتلة ذرية، وبالتالى يكون الوزن الذرى للنحاس مساوى ٦٣,٥٤٥ جرام.

٣ - ٤) النشاط الإشعاعى :

يتواجد فى الطبيعة أكثر من ثلاثمائة من التراكيب الخاصة بالبروتونات والنيوترونات للنوى المستقرة، بالإضافة إلى نجاح العلماء فى إنتاج ثلاثة آلاف من النوى الجديدة فى معاملهم، هذه النوى المصنعة تكون غير مستقرة لأنها تحتوى على أعداد كبيرة من البروتونات والنيوترونات، ولا يمكنها أن

تمكث لفترات طويلة، والنوى غير المستقرة المتواجدة فى الطبيعة أو المنتجة بالمعمل نجد أنها تتحطم إلى أجزاء وتتحول إلى نوى مستقرة، ويتم ذلك خلال عمليات تسمى «اضمحلال النشاط الإشعاعى». بعض النوى التى لديها أعداد زائدة من البروتونات يمكنها أن تطرد بروتوناً بالمثل بالنسبة للنوى التى لديها أعداد زائدة من النيوترونات يمكنها أن تطرد نيوتروناً.

ومن عمليات النشاط الإشعاعى الأكثر شيوعاً هو إضمحلال النواة بطرد عنقود مكون من بروتونين ونيوترونين فى آن واحد، هذا العنقود ما هو إلا نواة عنصر الهليوم - ٤، وهذا الإضمحلال يسمى إضمحلال ألفا. وقبل أن يعرف العلماء أن الجسيم المنبعث من النواة ما هو إلا نواة عنصر الهليوم - ٤، أطلق على الجسيم المنبعث اسم «جسيم ألفا». هذا الاسم ما زال يتداول حتى الآن، والطريقة الشائعة التى تتخلص منها النواة من بروتوناتها أو نيوتروناتها الزائدة هى تحول بروتون إلى نيوترون أو تحول النيوترون إلى بروتون هذه العملية تسمى «إضمحلال بيتا»، ونظراً إلى أن مقدار الشحنة الكهربائية الكلية قبل وبعد الإضمحلال يجب أن يكون متساوياً، وحيث أن البروتونات

هى جسيمات مشحونة بشحنة موجبة والنيوترونات غير مشحونة، لذلك فإن عملية الإضمحلال يجب أن تضمن جسيمات مشحونة أخرى، على سبيل المثال عندما يتحول النيوترون إلى بروتون وينبعث إلكترونا وجسيم آخر يسمى «إلكترون ضديد لنيوترينو» ، فالنيوترون ليس له شحنة وبالتالى فإن الشحنة الابتدائية للتفاعل تكون صفراً. أما البرتون فيكون له شحنة موجبة مقدارها +١ والإلكترون له شحنة سالبة مقدارها -١ وضديد النيوترينو هو جسيم متناهى الصغر، ليس له شحنة، وشحنة كل من البروتون والإلكترون تلغى بعضهما البعض وتكون محصلة الشحنة مساوية صفر. وفى عملية إضمحلال - بيتا، يكون من السهل رصد الإلكترونات المنبعثة، وقد أطلق العلماء على هذه الجسيمات الناتجة جسيمات بيتا وذلك قبل معرفتهم وتشخيصهم بالإلكترونات.

والجدير بالذكر، أن اضمحلال - بيتا، يحدث عند تحول البروتون إلى نيوترون. ونهاية هذا التفاعل يجب أن بولد شحنة مقدارها +١ للاتزان مع مقدار شحنة البروتون الإبتدائى، فى هذا التفاعل يتحول البروتون إلى نيوترون وضديد للإلكترون

«يسمى البوزيترون» وإلكترون نيوترينو، ومن المعروف أن البوزيترون هو جسيم مماثل تماماً للإلكترون فيما عدا أنه يحمل شحنة كهربائية مقدارها +١، والإلكترون نيوترينو هو جسيم متناهى الصغر، متعادل كهربائياً، والفرق بين ضديد النيوترينو فى إضمحلال النيوترون والنيوترينو فى إضمحلال البروتون غير واضح ويجب على العلماء أن يستدلوا على أى فرق بينهما.

ومن الملاحظ أنه وأثناء تخليق النوى غير المستقرة فى المعمل، هناك عدة أنشطة إشعاعية للنظائر المتواجدة فى الطبيعة. هذه الذرات تضمحل ببطء مقارنة بالنشاط الإشعاعى لأكثر النظائر المخلقة فى المعمل، فإذا تمت هذه الإضمحلالات بسرعة، فإنها لا تمكث إلى الوقت الذى يتمكن العلماء من رصدها، الثقيلة ذو النظائر الثقيلة ذوات النشاط الإشعاعى المتواجدة على الأرض قد تم اكتشاف أنها متواجدة بالنجوم منذ أكثر من خمسة بليون عام مضت، وتشكل هذه النظائر جزء من سحابة غازية أو أتربة فى مجموعتنا الشمسية، ومن المعروف أن الإضمحلال الإشعاعى للمواد يوفر الطاقة التى تعمل على تسخين قلب الأرض.

ومن النظائر المشعة الأكثر شيوعاً والتى تحدث فى الطبيعة هى البوتاسيوم –٤٠ والثوريوم – ٢٣٢ واليورانيوم – ٢٣٨. وذرات هذه النظائر مكثت فى المتوسط بلايين السنينن قبل أن تقذف بجسيمات ألفا أو جسيمات بيتا.

والجدير بالذكر، أن الإضمحلال المستقر لهذه النظائر والذرات الأخرى الأكثر استقراراً سمحت للعلماء بتعيين عمر المواد المعدنية، حيث تتواجد هذه النظائر. بدأ العلماء بتقدير كمية النظير الذى يتواجد عند تشكيل المعدن، ثم بعد ذلك تم قياس كم كان الاضمحلال، وبمعرفة معدل الإضمحلال للنظير يمكن تعيين الزمن الذى مر، هذه العملية تعرف باسم «تاريخ النشاط الإشعاعى»، مما سمح للعلماء بقياس عمر الأرض، بهذه الطريقة قدر عمر الأرض بحوالى ٤,٥ بليون عام، والجدير بالذكر أن العلماء فحصوا الصخور التى جلبت من القمر وأجسام أخرى فى المجموعة الشمسية ووجدوا أعماراً متشابهة.

٣ - ٥) القوى المؤثرة داخل الذرات :

فى علم الفيزياء، تعرف القوة بأنها مقدار الدفع أو السحب لأى جسم وفى الطبيعة توجد أربعة قوى أساسية ثلاثة منهم هم: القوة الكهرومغناطيسية والقوة الشديدة والقوة الضعيفة مسئولون على حفظ استقرار الذرات فى قطعة واحدة، وبواسطتهم يمكن تعيين الذرات غير المستقرة التى تضمحل، والقوة الكهرومغناطيسية تحافظ على إرتباط الإلكترونات بذراتها، والقوة الشديدة تجعل البروتونات والنيوترونات متماسكة فى النواة، أما القوة الضعيفة التى تتحكم فى إضمحلال الذرات عندما يكون لديها بروتونات أو نيوترونات زائدة. أما القوة الأساسية الرابعة وهى الجاذبية فتكون مؤثرة فى حالة الأجسام الأكبر من تلك الجسيمات دون الذرية.

أ) القوة الكهرومغناطيسية :

تعتبر القوة الكهرومغناطيسية أكثر شيوعاً عند العمل داخل الذرة. هذه القوة هى نفس القوة التى تسبب إلتصاق شعر الناس فى الفرشاة أو مشط الشعر بفعل تزايد الكهربائية الإستاتيكية،

فالقوة الكهرومغناطيسية تجعل الشحنات المختلفة تتجاذب بعضها البعض وتسبب هذه القوة انجذاب الإلكترونات فى الذرة مع البروتونات المتواجدة فى النواة، هذه القوة تجعل الإلكترونات مرتبطة بالذرة، والجدير بالذكر أن مقدار هذه القوة يزداد كلما صغرت المسافة بين الشحنات وهذه الخاصية تجعل الشحنات المختلفة تقترب من بعضها البعض بدرجة ممكنة، ولسنوات عديدة، إندهش العلماء وتساءلوا لماذا لم ينغمس الإلكترون فى نواة الذرة بعد أن يتحرك حركة حلزونية ويقترب من البروتونات، وقد تعلم الفيزيائيون حقيقة أن جسيمات مثل الإلكترونات الصغيرة يمكنها أن تسلك سلوك الموجات، هذه الخاصية حافظت على تواجد الإلكترونات عند مسافات محددة من نواة الذرة، والخاصية الموجية للإلكترون سوف نتناولها فيما بعد.

والقوة الكهرومغناطيسية تجعل الشحنات المتشابهة تتنافر بعضها مع بعض والإلكترونات ذات الشحنة السالبة يطرد أحدهما الآخر، وتجعله يميل إلى الحركة متباعدين. أما النواة موجبة الشحنة فتؤثر بقوة كهرومغناطيسية للحفاظ على ارتباط الإلكترونات بالذرة، والبروتونات والنيوترونات يطردوا بعضهما

البعض إلا أن القوة النووية الشديدة تتغلب على القوة الكهرومغناطيسية داخل النواة مما يمسك بالبروتونات معاً.

ب) القوة الشديدة :

تعمل هذه القوة على تماسك البروتونات والنيوترونات فى نوى الذرات، ويجب أن تتغلب هذه القوة على قوة تنافر البروتونات الكهرومغناطيسية فى النواة والتى تجعل البروتونات تتباعد عن بعضها، والقوة الشديدة تحدث بين البروتونات فقط. هذه القوة تكون غير كافية لتماسك هذه البروتونات معاً. ولابد من إضافة جسيمات أخرى إلى هذه القوة الشديدة لجعل النواة مستقرة، هذه الجسيمات التى تزيد من القوة المضافة هى النيوترونات غير المشحونة والتى تزيد من قوة التنافر الكهرومغناطيسى.

مدى القوة الشديدة :

تعمل القوة الشديدة فى مدى قصير للغاية حوالى اثنين فيمتومتر (٢×١٠^{-١٥} متر) ويستعمل الفيزيائيون كلمة فيرمى كوحدة قياس الطول تخليداً للفيزيائى الأمريكى (إيطالى

المولد) «انريكو فيرمى». وخاصية المدى القصير التى تتمتع به القوة الشديدة جعلها مختلفة عن القوى الكهرومغناطيسية والجاذبية والقوتان الأخيرتان يضعفان كلما إزدادت المسافة ولكنهما يظلان مؤثران على الأجسام التى تفصل بينهما مسافة تقدر بملايين من السنين الضوئية وعلى العكس تماماً، فإن القوة الشديدة لها مدى محدد بعدها لا يشعر بها جميع البروتونات أو النيوترونات، ونظراً لأن قطر نواة الذرة يتراوح بين ٥ إلى ٦ فيرمى لذلك فإن البروتونات والنيوترونات يشعرون فقط بتأثير القوة الشديدة الناتجة عن أقرب جيران لهما، والجدير بالذكر، أن اختلاف القوة الشديدة عن القوى الكهرومغناطيسية والجاذبية له بعداً آخر متمثلاً فى الطريقة التى تتغير بها القوة مع تغيير المسافة، فالقوى الكهرومغناطيسية والجاذبية تزيد من تجاذب الجسيمات كلما اقتربوا من بعضهما البعض، وليس من المهم كيفية الاقتراب، وهذا بالطبع يجعل الجسيمات تقترب من بعضها إلى أقرب نقطة ممكنه، ومن ناحية أخرى، فإن القوة الشديدة تظل ثابتة تقريباً كلما اقتربت البروتونات أو النيوترونات معاً لمسافة حوالى ٢ فيرمى، فإذا جعلنا هذه الجسيمات تقترب

إلى مسافة أقل من ذلك، فإن قوة التجاذب النووى تتحول فجأة إلى قوة تنافر.

هذه الخاصية جعلت النوى تتشكل بنفس متوسط الفراغ (حوالى ٢ فيرمى) الذى يفصل بين البروتونات والنيوترونات، وليس من الضرورى معرفة كم عدد البروتونات أو عدد النيوترونات المتواجدين فى النواة. والطبيعة الفريدة للقوة الشديدة يجعل من الممكن تعيين العدد النسبى للبروتونات والنيوترونات داخل النواة. فإذا كانت النواة تحتوى على عدد أكثر من البروتونات فإن القوة الشديدة لا يمكنها التغلب على القوة الكهرومغناطيسية، وتتنافر البروتونات، أما إذا كانت النواة بها عدد أكثر من النيوترونات، فإن القوة الشديدة الزائدة تعمل على ربط البروتونات والنيوترونات بشدة يقربهما بشدة معاً، ولذلك نرى أن أكثر النوى الذرية استقراراً يقع بين هذين الحدين، فالنوى الخفيفة مثل الكربون -١٢ والأوكسچين -١٦ يصنعون من ٥٠ ٪ بروتونات و٥٠ ٪ نيوترونات. أما النوى الثقيلة مثل بزموث ٢٠٩ فتحتوى النواة على ٤٠ ٪ بروتونات و ٦٠ ٪ نيوترونات.

البايونات :

لقد استطاع الفيزيائيون شرح سلوك القوة الشديدة عن طريق تقديم جسيم دون ذرى آخر أطلق عليه اسم «البايون»، والبروتونات والنيوترونات تتفاعل داخل النواة بتبادل «البايونات»، وتبادل البايونات يجعل البروتونات والنيوترونات تتجاذب معاً. ويمكن تشبيه ذلك بعملية إمساك فردين بكرة ثقيلة، وكل فرد مقيد بواسطة سلك زنبركى. فإذا قذف أحدهما بالكرة نحو الآخر، فإن السلك الزنبركى يسحبه نحو الكرة، فإذا استطاع اللاعبان تبادل الكرة بسرعة كافية، فإن الكرة والزنبرك يصبحان غير واضحان بالنسبة للمشاهد، ويبدو المنظر كما لو أن اللاعبان يسحب بعضهما للآخر.

وهذا ما يحدث فى نوى الذرات، فيشبه البروتونات والنيوترونات باللاعبين والبايونات تمثل الكرة، والقوة الشديدة تمثل الزنبركات التى تمسك بالأشياء معاً، وكما نوضح فيما بعد عند مناقشة الجسيمات الأولية فى المادة، فإن البايونات تتواجد فى النواة لأقصر فترة زمنية لا تتعدى ١×١٠^{-٢٢} ثانية، وخلال هذه الفترة القصيرة من تواجدها فهى تعمل على

التجاذب الكافى الذى يسمح بتماسك النواة. ويمكن للبايونات أن تتواجد حرة خارج نواة الذرة، وقد نجح العلماء فى تخليق البايونات عندما تتصادم البروتونات المعجلة بسرعات عالية مع بعضها البعض. وأيضاً يمكث البايون الحر، فترة زمنية قصيرة تقدر بمقدار ١ × ١٠^{-٨} ثانية.

جـ) القوة الضعيفة :

القوة النووية الضعيفة هى أضعف من القوى الكهرومغناطيسية والنووية الشديدة، وهى تؤثر فى مدى قصير للغاية يقدر بحوالى ٠,٠١ فيرمى. وهذه القوة الضعيفة تؤثر على جميع الأجسام فى الذرة، فبينما تؤثر القوة الكهرومغناطيسية على الإلكترونات والبروتونات فى الذرة والقوة النووية الشديدة تؤثر على البروتونات والنيوترونات بالنواة، فإن القوة الضعيفة تعمل على تغيير نوع من الجسيمات إلى النوع الآخر داخل النواة على سبيل المثال تعمل هذه القوة على تحويل النيوترون إلى بروتون وإنبعاث إلكترون ضديد الإلكترون نيوترينو، فى هذه الحالة فإن الشحنة الكهربائية ومقدار الطاقة الكلية يبقى كما هو قبل وبعد التغيير.

٣ - ٦) الذرات وميكانيكا الكم :

فى بداية القرن العشرين، نجح العلماء من شرح السلوك الذرى باستخدام المعارف المتاحة عن المادة، ومن أجل ذلك، طوروا وجهة نظر جديدة للمادة والطاقة على النحو الذى أمكن وصف السلوك الذرى بدقة. والنظرية الكمية وضعت المادة كما لو أنها مكونة من جسيمات أو كما لو أنها موجة، وفى حياتنا اليومية، فإن الطبيعة الموجية للأجسام المرئية الكبيرة من المادة تكون من الصغر بحيث لا يمكن ملاحظتها، أو ظهورها. أما على المقياس المجهرى للجسيمات الدقيقة فإن الطبيعة الموجية تصبح فى غاية الأهمية، وكما بينا من قبل فإن الإلكترونات فى الذرات تسلك سلوك الموجات، وهى تتواجد عليى هيئة سحابة من الشحنات السالبة حول النواة بدلاً من تواجد الإلكترونات كجسيمات منفردة نقطية مرصعة فوق النواة.

(أ) السلوك الموجى :

لكى نفهم النموذج الكمى للذرة، لابد أن نعرف بعض الحقائق الأساسية عن الموجات، فالموجات هى ذبذبات تتكرر

بانتظام مرات ومرات باستمرار، وأوضح مثال على ذلك هو الموجات التى تحدث عندما يتم ربط طرف من قبل عند جسم ثابت وتحريك الطرف الآخر إلى أعلى وأسفل. فأعلى نقطة يصل إليها الحبل تسمى قمة الموجة، وأقل نقطة يصل إليها الحبل تسمى قاع الموجة. وتتتابع قمم وقيعان الموجة فى سلسلة منتظمة والمسافة بين قمة الموجة والقمة التالية لها أو بين القاع والقاع الذى يليه بالطول الموجى، وعدد الموجات التى تعبر نقطة ما فى زمن محدد يسمى التردد الموجى.

فى الفيزياء، تعنى كلمة موجة النموذج الداخلى الذى يتكون من قمم وقيعان منفردة عديدة، على سبيل المثال، عندما يمسك الفرد بطرف الحبل الحر ويحركه إلى أعلى وإلى أسفل بسرعة كبيرة فتنشأ فى الحال العديد من القمم والقيعان.

والفيزيائى يستعمل كلمة موجة عندما تتلاقى موجتان مع بعضهما وينتج عن هذه العملية ما يسمى بالتداخل الموجى، فالتداخل يخلق نموذج جديد للموجة، فإذا كانت الموجتان المتداخلتان لهما نفس الطول الموجى ونفس التردد فيعتمد النموذج الناتج عن المواقع النسبية للقيعان الموجية المتولدة. أما

إذا انطبقت القمم والقيعان فى الموجتين المتداخلتين فتكون الموجة متحدة الطور وعندما تتداخل الموجات متحدة الطور معاً فينتج عن ذلك قمم مرتفعة جداً. وفى حالة أن تكون الموجات مختلفة قليلاً فى أطوارها، فيؤدى تداخلها إلى ما يسمى بالتداخل البناء فى بعض المناطق وتداخل إفناء فى بعض المناطق الأخرى مما ينتج عنه موجة جديدة أكثر تعقيداً.

ب) الإلكترونات كموجات :

فى الذرات يكون سلوك الإلكترونات إما على هيئة جسيمات أو على هيئة موجات. وهذه الخاصية تسمى الازدواجية الجسمية / الموجية، وهذه الخاصية تؤثر على جميع الجسيمات وتجمعاتها ويشمل ذلك البروتونات والنيوترونات والذرات ذاتها. ولكن عند معرفة التركيب البنائى للذرة، فإن طبيعة التشبه الموجى للإلكترون تكون فى غاية الأهمية. وموجات الإلكترونات لها أطوال موجية وترددات والتى تعتمد على طاقة الإلكترون. ونظراً لأن طاقة الإلكترونات طاقة حركية (مرتبطة بحركة الإلكترون) فإن الطول الموجى

للإلكترون يعتمد على مدى سرعة حركته وكلما ازدادت طاقة الإلكترون، كلما قصر الطول الموجى، وموجات الإلكترون يمكنها أن تتداخل مع بعضها بالضبط كما يحدث فى الموجات المتولدة من حركة الحبل.

ونظراً للازدواجية الجسمية / الموجية للإلكترون، فإن الفيزيائيون لم يستطيعوا تحديد موقع الإلكترون بالذرة، فإذا كان الإلكترون مجرد جسيم، فيكون قياس موقعة بسيط نسبياً، وبالرغم من سرعة المحاولات التى بذلها الفيزيائيون لقياس موقع الإلكترون، نرى أن الطبيعة الموجية للإلكترون أكثر وضوحاً ولا يمكنها تحديد موضع الإلكترون بدقة. بدلاً عن ذلك فقد تمكن العلماء من حساب احتمالية تواجد الإلكترون فى المكان المحدد، وبإضافة هذه الاحتمالات، تمكن الفيزيائيون من رسم صورة للإلكترون تتشابه مع السحابة القائمة حول النواة، والجزء الأكثر كثافة فى هذه السحابة يمثل مكان الإلكترون الذى يرغب أن يتواجد به.

٤) المادة وجسيماتها الأولية :

بينما تبدو النوى تتكون من بروتونات ونيوترونات، فإن هناك بعض المشاهدات تشير إلى انبعاث جسيمات أولية أخرى من النوى تحت ظروف خاصة.

وفيما يلى سوف نلقى الضوء على هذه الجسيمات الأولية.

٤ - ١) ضديدات الجسيمات :

يعتبر الإلكترون هو الجسيمة الأولية الوحيدة التى يوجد لها نظرية متكاملة، وقد تم اكتشاف هذه النظرية عام ١٩٢٨ من قبل العالم الإنجليزى «پ. ديراك» الذى أعطانا معادلة موجية للإلكترون يتحرك فى مجال مغناطيسى، أخذاً فى الاعتبار النظرية النسبية الخاصة لأينشتين. وقد تبين أن الإلكترون يحمل كمية حركة خطية ذاتية، وأن برمه الذاتى حول نفسه يساوى نصف وبالتالى يكون للإلكترون عزم مغناطيسى يساوى ممغنط واحد (١ ممغنط = حاصل ضرب شحنة الإلكترون فى ثابت بلانك العام مقسوماً على ضعف

كتلة الإلكترون مضروبا فى ثابت باي). هذا الممغنط يطلق عليه ممغنط بور «Bohr magneton».

لقد تنبأت نظرية ديراك بوجود إلكترون موجب بالإضافة إلى الإلكترون السالب. وقد تم اكتشاف الإلكترون الموجب عام ١٩٣٢ بصورة قاطعة من بين جسيمات الأشعة الكونية القادمة للأرض. بصورة قاطعة من بين جسيمات الأشعة الكونية القادمة للأرض. وقد بينا سابقاً أن الإلكترون الموجب يسمى «بالبوزيترون». والجدير بالذكر أنه يمكن أن يتفاعل الإلكترون السالب مع البوزيترون ويتلاشا وينتج عنهما تولد فوتون بطاقة تكون مساوية أو أكبر من مقدار ١,٠٢ مليون إلكترون فولت. كما يمكن توليد زوج من الإلكترون السالب والبوزيترون عند إفناء أشعة جاما فى وقت قصير.

إن البوزيترون هو ضديد الإلكترون، ذلك لأنهما يفنى أحدهما الآخر، ونحن نعرف الآن، أن جميع الجسيمات الأولية الأخرى فيما عدا الفوتونات والميزونات لها جسيمات ضديدة، وضديد الجسيم له نفس كتلته وعمره النصف وبرمه الذاتى. ولكن شحنته (إن وجدت) تكون عكس شحنة الجسيمة

وكذلك فإن اتجاه العزم المغناطيسى بالنسبة للبرم لضديدة الجسيمة هو عكس ما هو عليه للجسيمة نفسها.

على سبيل المثال، إن التمييز ما بين النيوترينو وضديده يلفت النظر، ويكون برم النيوترينو عندما يشاهد من الخلف بالاتجاه المعاكس لاتجاه حركته، أى أن النيوترينو يدور عكس عقارب الساعة. ومن ناحية أخرى يكون برم ضديد النيوترينو عندما يشاهد من الخلف بنفس اتجاه حركته أى أنه يدور مع عقارب الساعة، لذلك يمكن تصور حركة النيوترينو تشبه حركة لولب يسارى، وأن حركة ضديد النيوترينو تشبه حركة لولب يمينى. وبناء على ذلك ليس هناك فرق بين النيوترينو وضديده عدا اتجاه برميهما، وبذلك فالنيوترينو وضديده هما جسيمان متشابهان، وترجع جذور هذا الافتراض إلى العالم «ليبتز» الذى عاصر العالم الإنجليزى «نيوتن» وهو الذى اكتشف بطريقة مستقلة علم «التفاضل والتكامل».

ويمكن توضيح أساس الافتراض على النحو التالى:

من الناحية الأساسية إن الظواهر الفيزيائية المشاهدة مباشرة تكافئ نفس الظواهر الفيزيائية المشاهدة المعكوسة من المرآة .

وطبقاً لهذا التعريف، فإن الظواهر الفيزيائية المختلفة يجب أن تتباين جوهرياً فيما بينها وإلا فإنها متشابهة. والفرق الوحيد بين الظواهر الفيزيائية المشاهدة مباشرة وتلك الظواهر المشاهدة بواسطة انعكاسها من المرآة هو تبديل اليسار باليمين واليمين باليسار. وبناء على ذلك، فإن نظرية «لايبتز» تنص على أن يسار ويمين جميع الأشياء والحوادث يجب أن تحدث بنفس الاحتمالية. والحقيقة أن هذه النظرية تكون محققة عملياً فى حالة التفاعلات النووية والكهرومغناطيسية. والجدير بالذكر، أنه لم يتم تطبيق هذه النظرية فى حالة التفاعلات التى ينتج عنها نيوترينات إلا عام ١٩٥٦ على يد العالمين الأمريكيين (صينى المولد) «ت. لى» و«سى. ن. يانج» اللذان اقترحا أنه يمكن إزالة كثير من التناقضات النظرية بافتراض أن النيوترينو وضديده لهما برمان متعاكسان، على الرغم أنهما لا يمثلان صورة مرآة بعضهما للآخر. وقد أثبتت التجارب صحة هذا الاقتراح وتبين أن النيوترينو وضديده جسيمان مختلفان، لهما برم يسارى وبرم يمينى على الترتيب. ويلاحظ أن عدم وجود تناظر يمين / يسار فى النيوترينات يظهر فقط فى حالة أن كتلة النيوترينو تساوى صفراً.

٤ - ٢) نظرية الميزون للقوى النووية :

لو كانت القوى النووية تجاذبية فقط، لكانت أحجام النوى المستقرة صغيرة جداً وذات نصف قطر حوالى ٢ فيرمى، بحيث أن كل نواة تتفاعل آنياً مع جميع النويات الأخرى الموجودة ونتيجة لذلك، فإن طاقة تربط كل نوية سوف يتناسب مع عدد النويات الموجودة فى النواة. لقد وجد تجريبياً أن حجم النوى يتناسب طردياً مع عدد النويات بالنواة أما طاقة ترابط كل نوية فهى ثابتة فى جميع النوى.

ونستنتج من ذلك، أن كل نوية تتفاعل مع عدد محدود من النويات المجاورة وأن هناك قوة تنافر بين النويات تمنع النواة من أن تتقلص إلى حجم صغير جداً، كما نستنتج أن القوى النووية لا تشبه قوة نيوتن للجاذبية أو القوى الكهربائية الاعتيادية. ويمكن تفسير الصفات النووية على أساس وجود مزيج من قوى اعتيادية وقوى تبادل. والسؤال الذى يطرح نفسه، ما هى الجسيمات المتبادلة بين النويات التى تسبب قوى التبادل ؟ فى عام ١٩٣٥ م اقترح العالم اليابانى «هيدكى يوكاوا» أنه يمكن تفسير القوى النووية بتبادل جسيمات أثقل

من الإلكترونات أطلق عليها اسم «الميزونات»، وحسب نظرية الميزون للقوى النووية، تتكون النويات من مراكز متشابهة تحيط بها سحابة من ميزون واحد أو أكثر. ويمكن أن يكون الميزون متعادلاً أو يحمل شحنة موجبة أو سالبة. والفرق الأساسى بين البروتون والنيوترون يكمن فى تركيب سحابة الميزون المحيطة. وبناء على ذلك، فإن القوة بين نيوترونين أو بروتونين هى نتيجة تبادل ميزونات تدعى ميزون باى المتعادل، على حين تكون القوة بين نيوترون وبروتون هى نتيجة تبادل ميزونات باى المشحونة بشحنة موجبة أو سالبة. على هذا الأساس، عندما يتحول النيوترون إلى بروتون ينبعث ميزون باى السالب وفى المقابل ينبعث ميزون باى الموجب عندما يتحول البروتون إلى نيوترون، والحقيقة هى أنه لا يمكن إيجاد صيغة رياضية سهلة لتوضيح قوى التبادل بين النويات. ومع هذا يمكن استيعاب هذه العملية بتشبيه مألوف. دعنا نتصور ولدين يتبادلان كرات السلة، فعندما قذف الكرات سيندفع الولدان إلى الخلف ويزداد ارتدادهما عند مسك الكرات المرمية عليهما. وعليه فإن هذا التبادل لكرات السلة سيؤدى إلى قوة تنافر بين الولدين. ولكن إذا اختطف

الولدان كرات السلة من بعضهما الآخر فيتكون ما يكافئ قوة تجاذب بينهما.

وهناك مسألة أساسية تطرح نفسها، إذا كانت النويات تبعث وتمتص ميزونات باستمرار، فلماذا تبقى كتل النيوترونات ثابتة، وجواب هذا السؤال يعتمد على مبدأ اللايقين الذى يحدد دقة قياس بعض الأزواج من هذه الكميات. ويمكن أن ينبعث ميزون من نوية مع بقاء كتلتها ثابتة وتمتص النوية ميزوناً منبعثاً من نوية مجاورة بعد وقت قصير جداً، بحيث لا يمكن الكشف عنها عملياً. وبناء على ذلك نجد أنه يمكن إفناء أو خلق طاقة على شرط أن الإخلال فى قانون حفظ الطاقة لا يستمر لفترة زمنية مقدارها يتناسب عكسياً مع مقدار هذه الطاقة.

٤ - ٣) البايونات والميونات :

بعد اثنتى عشرة سنة من وضع نظرية الميزون للقوى النووية، تم اكتشاف جسيمات طليقة خارج النواة ذات صفات تتفق مع الصفات المطلوبة لهذه النظرية، وتدعى هذه

الجسيمات اليوم بميزونات باى أو البايونات وهناك سببان لتأخر اكتشاف البايون الطليق، السبب الأول أن علينا توفير طاقة كافية إلى النوية لكى تبعث بايوناً مع تحقيق قانون حفظ الطاقة. فى هذه الحالة نحتاج إلى طاقة مقدارها ١٤٠ مليون إلكترون ڤولت لتحرير البايون. وهذا ما توفره جسيمات توجد فى الطبيعة على شكل حزم متشتتة تكون ما يسمى بالأشعة الكونية. ولهذا السبب تطلب اكتشاف البايون تطوير طرق دقيقة لدراسة تفاعلات الأشعة الكونية. وفى الآونة الأخيرة تم تشغيل المعجلات الذرية التى تستطيع تعجيل جسيمات إلى الطاقة اللازمة لتحرير البايون، وبذلك أمكن تكوين البايونات فى المختبر وبصورة سهلة. أما السبب الثانى لتأخر اكتشاف البايون عملياً، يعود إلى عدم استقرار هذه الجسيمات هو قصر فترة نصف العمر التى تتراوح بين $١,٨ \times ١٠^{-٨}$ ثانية للبايون الموجب ٧×١٠^{-١٢} ثانية للبايون المتعادل.

والجدير بالذكر، أن البايونات المشحونة تنحل كلياً إلى ميزونات أخف منها تسمى «ميزونات ميو» أو «الميونات» ونيوترينات. وهذه النيوترينات تختلف عن تلك المنبعثة من

انحلال أشعة بيتا الذى ذكرت من قبل. ولذلك أطلق عليها نيوترينات ميو.

٤ - ٤) الكايونات والهايبرونات :

إن البايونات والميونات لا تمثل جميع الجسيمات الأولية التى كتلتها تكون بين مقدار كتلة الإلكترون وكتلة البروتون. لقد تم اكتشاف مجموعة ثالثة من الميزونات اطلق عليها اسم ميزونات كا أو «الكايونات». وتكون هذه الميزونات أما متعادلة أو مشحونة بشحنة موجبة أو سالبة. وأن فترة نصف العمر قصيرة للغاية، وبذلك تنحل هذه الكايونات إلى بايونات ثم إلى ميونات.

وبالإضافة إلى التفاعلات الكهرومغناطيسية مع المواد تظهر الكايونات تفاعلات نووية متفاوتة مع نوى الذرات على حين تتشتت ضديداتها أو تمتص بسهولة من قبل هذه النوى وتدعى الجسيمات الأولية ذات الكتل الأكبر من النيوترون أو البروتون «بالهايبرونات» وهناك أربعة أقسام للهايبرونات هى: هايبرونات أوميجا وكساى وسجما ولامدا. وجميع هذه

الهايبرونات غير مستقرة وذات أنصاف أعمار قصيرة جداً. ويطلق أحياناً على مكونات الهايبرونات بالشظايا الهايبرونية.

ومما سبق يمكن تصنيف الجسيمات الأولية المستقرة نسبياً، ويمكن أن نفرق فيما بينها طبقا للنوع وكتلة السكون وطاقة السكون ونصف العمر.

الفصل الثالث

حـالات المـادة

نعرف الآن، أن المادة على الرغم من كونها متجانسة ظاهرياً إلا أنها تتألف من تراكيب دقيقة لا يمكن مشاهداتها بصورة مباشرة، حيث أنها تتكون من ذرات وجزيئات. والذرات تتكون من نواة صغيرة تتألف من بروتونات (كل منها مشحون بشحنة موجبة مقدارها ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم) ونيوترونات (متعادلة كهربائياً)، وعلى مسافة منها يوجد عدد من الإلكترونات (عددها مساوى لعدد البرتونات وكل منها مشحون بشحنة سالبة مساوية لمقدار شحنة البروتون). ولذلك تكون ذرات المادة متعادلة كهربياً.

والجدير بالذكر، أن المادة تستقر فى حالة إتزان داخلها تحت تأثير قوى بينية كبيرة بعضها جاذب والأخر طارد. وتتوقف

هذه القوى وشدتها على نوع المادة. والقوة الجاذبة فى المادة تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) **قوة كولومية** : تعتمد على التجاذب الكهربائى بين الشحنات المختلفة الإشارة، كما يحدث فى حالة البلورات الأيونية مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

ب) **قوى ڤان درڤال** : وتحدث نتيجة دوران الإلكترونات فى مداراتها حول نواة الذرة، ويتسبب عن ذلك ما يسمى ثنائية القطب الكهربائى، وهذا يتجاذبها مع بعض الذرات المتجاورة، وتحدث ما يطلق عليه بقوى ڤان درڤال، وهى غالباً قوى ضعيفة كما هو الحال فى الشمع، وذلك يسبب انخفاض نقطة انصهاره.

جـ) **قوى التبادل** : وتنشأ عندما يحدث اتحاد كيميائى ينتقل فيه الإلكترون من الذرة الأولى إلى ذرة مجاورة. هذا الانتقال يتسبب فى تلاصق الذرتين بقوة كبيرة.

أما القوى الطاردة فى المادة فتنتج بسبب التنافر بين الشحنات السالبة (الإلكترونات) المحيطة بكل ذرة التى يصبح

تأثيرها كبيراً جداً، عندما تقترب الذرات من بعضها بدرجة كبيرة تحت تأثير القوى الجاذبة سالفة الذكر.

وأهم الدروس التى يتعلمها المرء أثناء مراحل التعليم الأولى، هو أن المادة تتواجد فى ثلاثة حالات مختلفة هى الحالات الصلبة والسائلة والغازية، أضيف إليهم فيما بعد حالة رابعة أطلق عليها اسم «حالة البلازما». وتعرف هذه الحالات بأطوار المادة. ومن الممكن تغير أطوار المادة من حالة لأخرى، ويتم ذلك بفعل القوة الفيزيائية المؤثرة على المادة. على سبيل المثال، عند التأثير بالطاقة الحرارية على المادة، تتغير درجة الحرارة، وبالتالى تتغير أطوارها. وعموماً، عندما تزداد درجة الحرارة فإن المادة تتحول إلى حالة أكثر نشاطاً. ويصف الطور الحالة الفيزيائية للمادة. وتحافظ المادة على نوعها وتركيبها الكيميائى عندما تتحول من طور لأخر. على سبيل المثال، عملية تكثيف البخار (أو الغاز) فأنه يتحول إلى قطرات من الماء. أما إذا وضعت قطرات الماء فى الفريزر فإنها تتجمد وتتحول إلى ثلج (وهو جسم صلب). وفى جميع الحالات تحتفظ المادة بنوعها كماء ويكون لها نفس المكونات والخصائص الكيميائية.



مادة غازية



مادة صلبة



مادة سائلة

المسافات بين جزيئات المادة فى أطوارها المختلفة

من هنا نرى أن حدوث التغير الكيميائى يعتمد أساساً على الطريقة التى يتفاعل بها الماء. عندئذ، يصبح الماء ليس ماءً بل شيء آخر جديد. وبطبيعة الحال فإن القوى الكيميائية لا تعمل على تغيير حالات المادة، ومثال على ذلك، إذا أضفنا بعض الأحماض على المادة وهى فى حالتها الصلبة ثم حدث ذوبان كامل، فهذا لا يعنى تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. فى هذه الحالة يحدث التغيير فى التركيب الكيميائى للمركب الجديد. وبناء على ذلك، نرى أن حالات المادة الفيزيائية تختلف عن بعضها فى المسافات الفاصلة بين ذراتها أو جزيئات، وكذلك قوة التجاذب بينها.

الحالة البلازمية :

البلازما تشبه إلى حد كبير الغازات ولكن ذراتها تكون مختلفة. وتتكون البلازما من الكترونات حرة وأيونات موجبة الشحنة للعنصر. وقد صنف العلماء البلازما كحالة رابعة من حالات المادة، حيث أنها تتميز بمواصفات وخصائص فريدة. وتتولد المادة فى حالاتها البلازمية عندما يتم نزع الكترونات

ذراتها حينئذ، يكون لدينا عدد من الشحنات السالبة وعدد مساوٍ له من الأيونات المشحونة بشحنة موجبة. وفى بعض الحالات تكتسب ذرات العنصر بعض من الإلكترونات الحرة، وتتحول إلى أيون سالب. وبالتالى يكون لدينا شحنات أيونية موجبة وأخرى سالبة وبنفس التركيز والسؤال الذى يطرح نفسه هو : كيف نحصل على المادة فى حالاتها البلازمية؟ والإجابة ببساطة ترتبط بالطاقة ! فيمكن تخليق المادة فى الحالة البلازمية عندما نوفر طاقة لهذه المادة وهى فى حالتها الغازية ويتم نزع الشحنات السالبة والحصول على أيونات موجبة وأخرى سالبة.

وكمثال على المادة فى الحالة البلازمية، هو المصباح الوميضى (الفلورسنت). هذا المصباح يختلف عن المصباح التقليدى، حيث يتواجد الغاز داخل الأنبوبة الخاصة به. وعند التأثير بتيار كهربائى كمصدر للطاقة الكهربائية، فيتم شحن الغاز، وينتج عن ذلك تهيج ذراته وتتوهج البلازما داخل المصباح وكمثال آخر، فأننا نشاهد البلازما فى إشارات النيون، الذى يشبه إلى حد كبير فكرة مصباح الفلورسنت. وإشارات النيون هى أنابيب زجاجية مملؤة بغاز النيون، وعند تطبيق تيار

كهربائى على الأنبوبة، يتم شحن الغاز وتخلق البلازما وتتوهج ويعتمد توهج ولون البلازما على نوع الغاز بالأنبوبة كما يمكننا مشاهدة البلازما عندما ننظر إلى النجوم فالنجوم تعتبر كرات ضخمة من الغازات الساخنة وعند درجات الحرارة المرتفعة تخلق البلازما. ولنا أن نقارن بين البلازما المتولدة فى مصباح الفلورسنت وتلك البلازما المتولدة على النجوم، فى الحالة الأولى تكون البلازما باردة. ولكن فى كلتا الحالتين تتواجد المادة فى الحالة البلازمية.

الحالة الغازية :

يتواجد الغاز فى كل مكان، فهو سريع الإنتشار، وتتحرك الذرات أو الجزيئات بطريقة انتقالية ودائمة وعشوائية وفى خطوط مستقيمة وبكافة الإتجاهات. كما يأخذ الغاز شكل الوعاء الذى يوضح فيه، ويعتمد حجمه على حجم الوعاء. وكذلك فهو قابل للانضغاط بسهولة وذو طاقة حركية عالية جداً.

على سبيل المثال، الغلاف الجوى الأرضى يتكون من طبقة ضخمة من الغاز الذى يحيط بالأرض. والغازات هى

مجموعات من الذرات العشوائية. فكيف يمكن أن تتواجد المادة فى الحالة الغازية من واقع مشاهداتنا اليومية ؟ البداية دائما هى وجود المادة فى الطور السائلى، وعند إضافة طاقة إلي السائل، فإن ذراتها تتهيج جميعها. على سبيل المثال، عندما تغلى الماء، فإن البخار الذى تراه، ما هو إلا قطرات صغيرة جداً تسمى «الغاز المائى» ويمكننا أن نرى البخار المائى فى السحب والضباب. وتسمى درجة الحرارة التى يتحول فيها السائل إلىَ غاز «بنقطة الغليان». وبالتالى عند تبريد البخار فهو يتحول إلى ماء. ولذلك فإن سرعة وطاقة جزيئات الغاز تنخفضان وتنشأ قوى تجاذب تسمح للجزيئات بالتجمع معاً. من هنا فإن كلمة بخار أو غاز لهما نفس المعنى. على سبيل المثال، تستخدم كلمة بخار عند وصف الغازات التى تتواجد أصلا فى الطور السائلى (مثل الماء). أما فى حالة غاز ثانى أكسيد الكربون، فتستخدم كلمة غاز أحيانا عندما نترك السائل فى موضعه، فإن جزيئاته تتحول إلى الطور الغازى. هذه العملية تسمى «بالبخر». ولنا أن نستغرب كيف يحدث ذلك، بالرغم من انخفاض درجة الحرارة. فقد يحدث البخر عندما تهرب الجزيئات من السائل،

فتتحول المادة إلى البخار. وفى الحقيقة، ليس كل جزيئات السائل لها نفس مقدار الطاقة. والمقدار الذى يمكن قياسه هو القيمة المتوسطة لطاقة الجزيئات. وقد تتواجد بعض الجزيئات عند طاقة مرتفعة وأخرى تتواجد عند طاقة منخفضة. والجزيئات ذات الطاقة العالية يكون لديها القدرة لتتحول إلى غاز وتترك السائل وبالتالى يحدث عملية البخر.

الحالة السائلة :

الطور السائلى للمادة وهو حالة وسطى لطور المادة فهو يقع بين الطور الصلب والطور الغازى. ومن مميزات السائل أن جزيئاته تتحرك، حركة انتقالية ودائمة وعشوائية وأنها تأخذ شكل الوعاء الذى توضع فيه وبالتالى فلها حجم ثابت. وجزيئات السائل صعبة الانضغاط ولكنها قابلة للسريان وطاقة حركتها مرتفعة ويمكن الحصول على المادة فى الطور السائلى، إذا بدأنا إما بوجود المادة فى الطور الصلب ثم توفير طاقة للنظام، فترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى نقطة الانصهار عندئذ، تتحول المادة من الطور الصلب إلى الطور السائلى.

وفى حالة الملح أو السكر، فإن درجة الإنصهار تكون دائماً أعلى من القيمة المناظرة للماء. ولذلك فإن المادة فى حالتها الصلبة تحتاج إلى طاقة لكى تتحول إلى سائل. والعكس يحدث فى الحالة الغازية، فعندما تفقد جزيئات الغاز الطاقة فتنخفض درجة حرارتها، ويتم سحب الطاقة من ذرات الغاز ويحدث ما يسمى «بالتكثيف» وتتحول المادة إلى الطور السائلى.

وفيما يلى نتناول بعض الخواص الفيزيائية للسوائل.

أولاً : خواص السوائل الساكنة :

أ) **ضغط السائل** : يؤثر ضغط السائل دائماً فى اتجاه عمودى على السطح ويتوقف ذلك على إرتفاع السائل وكثافته وعجلة الجاذبية الأرضية.

ب) **قاعدة باسكال** : تنص على «إذا وقع جزء من سائل متزن فى حيز محدد تحت تأثير ضغط ما، فإن الضغط ينتقل غير منقوصاً إلى جميع أجزاء السائل».

جـ) **دفع السوائل للأجسام المغمورة وقاعدة أرشميدس** : إذا غمر جسم صلب فى سائل فإنه يقع تحت تأثير دفع من

أسفل إلى أُعلى بسبب السائل. هذا الدفع يسبب نقص فى وزن الجسم ظاهرياً. ويؤثر هذا الدفع على الجسم سواءً كان مغموراً كلياً أو جزئياً. وقد وجد أن هذا الدفع مساوياً لوزن السائل الذى يزيحه الجزء المغمور من الجسم. أى أن الدفع يساوى وزن السائل المزاح وهذه القاعدة تسمى «قاعدة أرشميدس».

د) **اتزان الأجسام الطافية** : عندما يطفو جسم فوق سائل يكون متزناً تحت تأثير قوتين هما ثقل الجسم ودفع الجسم لأعلى. ويكون الجسم فى حالة اتزان مستقر إذا كان مركز الطفو أعلى وضعاً من مركز ثقل الجسم. أما إذا حدث العكس، فإن الإتزان يكون غير مستقر، وذلك بسبب تكون ازدواج من قوتى الثقل والدفع، مما يؤدى إلى دوران الجسم وجعل عاليه سافله. ويجب مراعاة ذلك عند بناء السفن وتحميلها.

هـ) **التوتر السطحى** : تنشأ ظاهرة التوتر السطحى عن قوى التماسك وقوى الالتصاق بين الجزيئات عند سطوح السوائل وهى خاصية لا وجود لها فى داخل السائل. ويعرف التوتر

السطحى بالقوة المؤثرة على وحدة الأطوال من أى خط من خطوط سطح السائل.

والخاصية الشعرية : إذا غمرنا أنبوبة رأسيا فى سائل نلاحظ ارتفاع السائل داخل الأنبوبة . تسمى هذه الظاهرة بالخاصية الشعرية، ومرجعها وجود توتر سطحى للسائل.

ثانياً: خواص السوائل المتحركة :

١) **خاصية الانتشار** : ويقصد بالانتشار انتقال ذرات أو جزيئات المادة فى داخلها من مكان إلى مكان آخر. ويعود الفضل لاكتشاف هذه الظاهرة إلى الطبيعة الجزيئية.

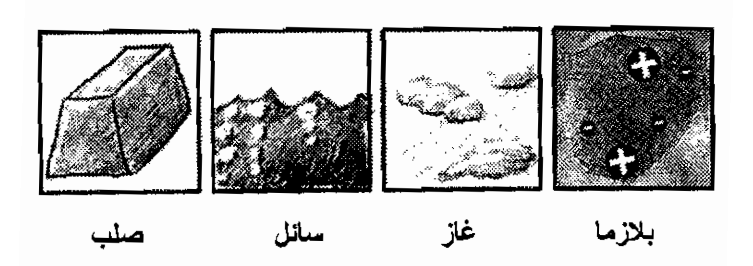
٢) **لزوجة السوائل** : لوحظ عند سكب كمية من زيت أو جليسرين وأخر من الماء على مستوى أفقى، نجد إختلافاً فى قابلية كل منهما إلى الإنسياب. فبينما نرى الماء يستجيب بسهولة لفعل القوة التى تعمل على تحريكه، نجد أن الجليسرين بطىء فى التدفق. والخاصية التى تميز السائل من حيث استجابته للحركة تسمى «اللزوجة». وهذه الخاصية تنشأ عن وجود ما يشبه الاحتكاك بين طبقات السائل بعضها ببعض.

وكلما ازدادت قيمة الاحتكاك، كلما زادت لزوجة السائل. ويمكننا تعريف اللزوجة بأنها الممانعة التى تبديها طبقات السائل للحركة.

الحالة الصلبة :

تتواجد المادة فى حالتها الصلبة فى أشكال عديدة، ويمكن أن تحتوى المادة على عناصر ومركبات أخرى بداخلها. ويمكن أن تصنع من مخاليط أو عناصر مختلفة. فى هذه الحالة تكون جزيئات المادة قريبة من بعضها وتكون قوة التجاذب بين الجزيئات كبيرة جداً. وهذه القوى هى التى تحفظ للجسم الصلب شكله. ويتحرك كل جزىء حركة تذبذبية حول موضع توازنه وتزداد سعتها الحركية بإزدياد درجة الحرارة. والأجسام الصلبة غير قابلة للإنضغاط وطاقة حركة جزيئاتها منخفضة جداً. ويستخدم العلماء ما يسمى «نقطة التجمد» لقياس تحول المادة من الطور السائلى إلى الطور الصلب. وهناك عدة عوامل تؤثر فى نقطة التجمد التى تتميز بها المواد. فكلما إزداد الضغط على المادة، كلما ارتفعت قيمة نقطة التجمد. وهذا يعنى أنه من الأسهل تجميد المادة عند الضغط العالى.

وأيضاً كلما بردت المادة، نرى أن أغلب الأجسام الصلبة تنكمش ويقل حجمها. والآن، دعنا نستعرض بعض من خـــواص المادة فى الحالة الصلبة. تتميز الأجسام الصلبة بالمرونة، فإذا أثرنا بقوة على الجسم، ونتج عنها تغير فى أبعاده أو فى شكله يقال أن الجسم تام المرونة إذا عاد الجسم إلى سابق شكله وأبعاده تماماً بعد إزالة القوة المؤثرة. وتعود خاصية المرونة فى الأجسام إلى القوة البينية الكبيرة بين الذرات المكونة لها وتنقسم الأجسام الصلبة إلى نوعين هما :



بلازما غاز سائل صلب

حالات المادة

أ) **مواد صلبة بلورية** : وهى التى تترتب ذراتها بانتظام على شكل خلايا تتكرر فى الإتجاهات المختلفة لتكون الجسم.

ب) **مواد صلبة غير بلورية (مورفية)** : مثل الزجاج الذى يعتبر فى معظم الأحوال كأنه سائل فائق التبريد.

وفيمايلى سوف نلقى الضوء على أنواع التبلور فى الجوامد والتى حددت بأربعة أنواع هى :

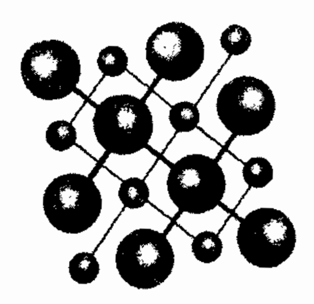
١- البلورات الأيونية مثل كلوريد الصوديوم.

٢- البلورات الجزيئية : ويكون الترابط بها بقوى ڤان درڤال.

٣- البلورات التساهمية : فى هذه البلورات تكون الكثافة الكهربائية بين الذرات المتجاورة كبيرة، كما هو واضح فـى جزيئات الكربون وارتباطها فى بلورات الماس والجرافيت.

٤- البلورات الفلزية : وتكون قوة التجاذب بين الأيونات والسحابة الإلكترونية هى القوى الأساسية للترابط بين ذرات الفلز، الذى يمكن تصوره على أنه رصه يحيط بها سحابة من الالكترونات تعيطى لها خواص مميزة مثل

التوصيل الكهربائى والحرارى الجيد وكذلك لمعة السطح الخارجى. وهناك تركيبات بلورية عديدة تترتب فيها الذرات بعدد لا نهائى من النقط الفراغية، بحيث تكون لكل نقطة نفس الجيران من الذرات المحيطة بها. وبذلك تتكون الشبكية الفراغية التى تتميز بعدد التناسق وهو عدد أقرب جيران.



شكل بلورى

والجدير بالذكر، أنه عندما يبدأ مصهور ما فى التجمد، تثبت درجة حرارته حتى يتم تحويله من الطور السائل إلى الطور الصلب مع خروج الحرارة الكامنة أثناء عملية التحول.

وتظهر تلقائياً وفى أماكن مختلفة من المصهور نويات بلورية، تأخذ فى النمو على شكل دندريت كلما إزداد التحول إلى الطور الصلب. ويكون على حساب السائل المحيط. وتستمر عملية النمو حتى يتم التحول إلى الطور الصلب كاملاً. تسمى هذه العملية «بالإنماء البلورى». والدندريت يأخذ شكل أفرع طويلة يقف نموها إذا تلامست مع دندريت أخر تختلف فيه إتجاهات المستويات الذرية، وبنهاية التجمد تكون أسطح التلامس بين هذه الدندرينات حدوداً حبيبية فى مادة متعددة التبلور. ويعرف الحد الحبيبى بأنه سطح يحتوى على انخلاعات. وهناك عدة طرق للانماء البلورى نذكر منها ما يلى:

* الإنماء البلورى من المحاليل المائية.
* الإنماء البلورى من المحاليل الصلبة.
* الإنماء البلورى عن طريق الضغط والحرارة.
* طريقة التنمية من المصهور.
* طريقة الصهر النطاقى.

وعادة يمكن الكشف عن التركيب البلورى للمادة بواسطة الحيود للأشعة السينية.

وكما هو معروف الآن، تتميز المواد، الصلبة بعامل توصيلها الكهربائى وتنقسم إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) مواد جيدة التوصيل الكهربائى وهى المواد المعدنية مثل النحاس.

ب) مواد اشباه الموصلات مثل كبريتيد الرصاص.

جـ) مواد رديئة التوصيل أو عازلة كهربائياً مثل الأبونيت.

ويعتمد التوصيل الكهربائى للأجسام الصلبة على وجود حاملات للشحنة تكون حرة، يمكنها التحرك تحت تأثير المجال الكهربائى الخارجى.

كما تتميز المواد الصلبة بالخواص المغناطيسية التى ترتبط بالحركة المدارية والمغزلية للإلكترونات فى ذراتها. وتقاس الخواص المغناطيسية بالقابلية المغناطيسية لوحدة الحجوم من المادة. وتنقسم المواد الصلبة إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) **مواد ديامغناطيسية** : تكون قابلية مغناطيسيتها سالبة، أى أنها تتنافر مع الأجزاء القوية من المجال المغناطيسى.

ب) **مواد بارا مغناطيسية** : وهى تنجذب للمناطق القوية فى المجال المغناطيسى، وقابليتها موجبة.

جـ) **مواد فيرومغناطيسية** : وهى الماد التى قابلية مغناطيسيتها كبيرة، مثل الحديد والكوبلت والنيكل.

أما بالنسبة للمواد العازلة، فتتكون من نويات موجبة التكهرب يحيط بها شحنات سالبة، بحيث تنطبق مراكز الشحنة الموجبة والسالبة فى كل جزء منها. وعندما نؤثر على هذه المواد بمجال كهربى يحدث لها استقطاب كهربائى ينشأ عنه ثنائيات قطب فى أجزاء المادة المختلفة. وتتأثر عملية الاستقطاب بعامل التهيج الحرارى، لذلك فهى تعتمد على درجة الحرارة. والاستقطابية الاستاتيكية تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى: استقطابية إلكترونية وأيونية ومتجهة. وتتميز الموازل عادة بالخواص الآتية :

اولاً : الخاصية الكهروحديدية :

المادة الكهروحديدية هي مادة لها استقطاب ذاتي ويكون لها عزم ثنائي القطب حتى في غياب المجال الكهربي الخارجي. ولا توجد ظاهرة الكهروحديدية في المواد التي لا ينطبق فيها مركزى التماثل للشحنات السالبة والموجبة على بعض، كما هو الحال في البلورات الأيونية. أي أن وجود تماثل التركيب البلورى شرط ضرورى للحصول على التأثير الكهروحديدى في البلورة.

ثانياً: الخاصية الكهروضغطية :

يلاحظ، عندما تؤثر على بلورة ما بإجهاد ميكانيكي تزاح ذراتها من أماكنها. فإذا كان للبلورة مركز تماثل شبيكى، تكون الإزاحات متماثلة حول مراكز التماثل، وبالتالى فإن توزيع الشحنات في البلورة يظل دون تغيير يذكر ويظل عزم ثنائي القطب الكهربى دون تغيير. هذا النوع من البلورات لا تظهر فيه الخاصية الكهروضغطية. أما إذا اعتبرنا بلورات ذات تركيب غير متماثل تترتب الأيونات على شكل أزواج تكون

ثنائيات قطب، وعندما نؤثر على هذه الأيونات بإجهاد ميكانيكى يحدث تشويه يسبب الإزاحة النسبية للأيونات.

ثالثاً: الخاصية الكهروحرارية :

عند تسخين بلورة ما، تزاح الذرات من أماكنها وتسبب فى إزاحة الأيونات وبدرجات نسبية تعتمد على تماثل التركيب البلورى.

المحاليل والمخاليط :

تختلف المحاليل عن المخاليط بأنها مجموعات من الجزيئات تتداخل معاً بطريقة متجانسة بعكس المخاليط التى يختلف تركيز مركباتها فى السوائل من مكان لآخر. والمحاليل لها تركيب متساوى خلال النظام. على سبيل المثال، محلول الملح (أو السكر) فى الماء. فإن الملح يتحلل وينتشر فى الماء، أما الرمال فتغطس إلى أسفل. لذلك يعتبر الملح (أو السكر) والماء محاليل. أما الرمال والماء فهى مخاليط ويمكن إعتبار المحاليل أى جسم صلب (أو غازات) تتحلل فى السوائل، أو أى شىء ينتج عن خلطة توزيع متساوى للجزيئات فى السائل. والمحلول البسيط

يعتمد أساساً على مادتين يتحدا معاً. إحداهما تسمى «المذاب» والأخرى تسمى «المذيب» على سبيل المثال، يعتبر السكر «مذاب» والمذيب هو الماء فى هذه الحالة. أما كيفية عمل محلول، فهى ببساطة تتلخص فى إضافة المذاب إلى المذيب مع التقليب المستمر ويعتمد الناتج على تركيز المذاب وكمية المذيب.

فى هذه الحالة فإن جزيئات المذيب تتسع وتسكن بينها جزيئات المذاب حتى يصبح تركيزهما واحداً فى النظام، أى أن تركيز السكر فى الماء فى قمة المحلول يكون مساوياً لتركيزه فى القاع. وعادة يستخدم العلماء مصطلح «الذوبانية» للدلالة على قدرة المذيب فى تحلل المذاب. وتتأثر عملية تحلل المذاب بدرجة الحرارة والضغط وتركيب المواد. فهناك مذاب أسهل فى تحلله عن مذاب أخر. على سبيل المثال، يكون الماء أسهل فى إذابة السكر بالمقارنة بالزيت. وبالتالى يكون مقدار الذوبانية للماء أعلى منها فى الزيت. أما المخاليط فتتواجد فى كل شيء نجده فى الطبيعة مثل الصخور والمحيطات. وتتكون المخاليط من مواد تتماسك معاً بواسطة «القوى الفيزيائية» وليس القوى

الكيميائية. وقد يكون المخلوط هــو كوب من الماء يحتوى علــى أشياء أخرى مذابة بداخــله قد تكون الملح.

وأى من هذه المواد تحتفظ بخصائصها الكيميائية الأصلية. ويمكن التأكد من ذلك عند غلى الماء وتبخيره ويتبقى الملح فى قاع الكوب. وبالطبع هناك أنواع عديدة من المخاليط، فأى شىء يمكن أن يتحد يصبح مخلوطاً. ودعنا نفكر فى كل شىء نأكله، فكم عدد الحلويات التى نصنعها . هذه الحلويات تصنع بإضافة مخاليط مختلفة وتعتبر المحاليل نوعاً من المخاليط. وإذا وضعنا الرمال فى كوب من الماء تعتبر مخلوطاً. ومخلوط الأسمنت يصنع بإضافة أكسيد الكالسيوم (سمنت) إلى الماء والرمال وبعض الصخور المطحونة «بسكب الأسمنت داخل قوالب وتحركه يصبح جسماً صلباً وعملية تصلب الأسمنت يجب أن تكون تفاعلاً كيميائياً. ومن ناحية أخرى فإن الماء المالح يختلف عن ذلك، بالإضافة إلى كونه سائلاً، فإن الملح ينقسم فى الماء إلى مكوناته وهى الصوديوم كأيون موجب والكلور كأيون سالب.

السبائك :

تتكون السبائك أساساً من خلط اثنين أو أكثر من المعادن، وفى الجدول الدورى للعناصر هناك العديد من المعادن مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والفضة والذهب والنحاس. كما يمكن الحصول على سبائك متضمنة كميات من عناصر غير معدنية مثل الكربون على سبيل المثال يزداد الفولاذ صلابة بإضافة كميات من الكربون. بعض علماء التعدين يضيفون عناصر الكروميوم أو النيكل إلى الفولاذ لتجنب حدوث صدأ. أما الأستنلس ستيل فهو فولاذ مجلفن عالى الجودة.

وتعتبر «الأملجمات» سبائك خاصة، يتم فيها إتحاد عنصر الزئبق مع أى معدن فى الجدول الدورى. على سبيل المثال عند خلط الزئبق بالفضة تكون السبيكة مرنة جداً، وبعد فترة يحدث تبخير للزئبق، ويترك الفضة فى حالة صلبة للغاية وتعتبر «الأملجمة» من العمليات الخطرة، حيث أن عنصر الزئبق من العناصر السامة.

المستحلبات :

تتكون المستحلبات من المعلقات وهى أحدى أنواع المخاليط مثل خلط الزيوت بالماء. وعند هز زجاجة تحتوى على طبقتين من الماء والزيت فإنك تحصل على مستحلب. ومع مرور الوقت يتم فصل الماء عن الزيت فى حالتهما الأصلية.

مما سبق يمكننا القول بأن المادة هى كل شىء، ويمكنها أن تتبدل وتتفاعل مع أى مادة أخى وفى الحقيقة أن أى شىء يتواجد فى الفراغ وله كتلة من أى نوع فهو مادة. أى شىء يمكن لمسة فهو مصنوع من المادة. والمادة لها خصائص عديدة. وخصائصها الفيزيائية هى الكثافة ونقطة الانصهار ونقطة التجمد ونقطة الغليان واللون والرائحة. أما الخصائص الكيميائية فتتحدد باتحاد العناصر وتفاعلها مع بعضها البعض. والشيء الذى يجب تذكره دائما، أن المادة يمكنها أن تتغير بطريقتين كبيرتين الفيزيائية والكيميائية.

المواد فائقة التوصيل :

عند درجة الحرارة المنخفضة بالقرب من الصفر المطلق،

يكون سلوك خصائص بعض المواد على درجة كبيرة من الأهمية. هذه المواد يكون لها سلوك غريب فى خصائصها الكهربائية والمغناطيسية والحرارية مقارنة بنفس الخصائص عند درجات الحرارة المرتفعة.

ويعتبر التوصيل الفائق ظاهرة تحدث عند درجات حرارة حرجة تكون عندها العناصر فى أشكالها الكيميائية أو مركباتها أو سبائكها منعدمة المقاومة لانسياب التيار الكهربائى والجدير بالذكر أن هذه الظاهرة تم اكتشافها عام ١٩١١م بواسطة العالم الفيزيائى الهولندى «هايك كامرلينج أونيس» الذى حصل على جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩١٣م لأبحاثه فى مجال فيزياء الحرارة المنخفضة. لقد اكتشف «أونيس» اختفاء مقاومة سلك من الزئبق فجأة عند تبريدة إلى درجة أربعة درجات مطلقة (أى - ٢٦٩°م) والجدير بالذكر أن المواد تفقد عشوائية ترتيب ذراتها عند درجة الصفر المطلق. والمواد فائقة التوصيل لها نفس خواص المواد العادية.

والتوصيل الفائق هو الابتعاد المفاجئ فى الخواص الكهربائية العادية للموصلات، حيث أن الذرات الحرة فى

الموصلات تكون قادرة على الحركة خلال المادة، وتسبب هذه الحركة مرور التيار الكهربائى. أما فى المواد فائقة التوصيل فيكون هناك نظام لإلكترونات التوصيل يمنع التشتيت، وبالتالى ينساب التيار الكهربائى دون أى مقاومة.

مواد البلورات السائلة :

يبدو من اسم هذه المواد التناقض الذى يجمع بين التركيب والخصائص لكل من السوائل الاعتيادية والتبلور فى الحالة الصلبة فنرى أن السوائل تنساب بسهولة، بينما لا تنساب الأجسام الصلبة. كما أن الأجسام الصلبة تتميز بالتماثل، بينما تفتقد السوائل ذلك التماثل.

والمواد الصلبة العادية تنصهر بزيادة درجة الحرارة وتتحول إلى سائل كما يتحول الثلج إلى الماء. وهناك بعض المواد الصلبة التى تتميز بدرجتين أو أكثر للإنصار. وبين حالة التبلور عند درجة الحرارة المنخفضة والحالة السائلية عند درجة الحرارة المرتفعة توجد حالة وسطية تسمى حالة التبلور السائلى، ومواد البلورات السائلة تشترك مع السوائل فى قدرتها على الإنسيابية

كما تشترك فى خاصية التماثل التى تتمتع بها البلورات فى حالتها الصلبة.

وتعود قصة اكتشاف المواد البلورية السائلة إلى بداية القرن التاسع عشر الميلادى، خاصة بعد تطور أجهزة التكبير المجهرية "Optical Microscopes"، حيث كان الباحثين فى ذلك الوقت يستعملون هذه الأجهزة فى البحوث العلمية المتعلقة بدراسة خواص المواد المختلفة وتركيبها الدقيق.

ففى عام ١٨٥٣م، اكتشف العالم الألمانى «رودلف فيرشو» مادة الميلين "Myelin" التى تغلف الأعصاب. ويعتبر «رودلف فيرشو» أول عالم لاحظ تكون المادة فى طورها البلورى السائلى خلال المجهر البصرى. ولكن لم يكن فى حينه على يقين أن هذه المادة (الميلين) فى حالتها البلورية السائلة.

وفى عام ١٨٨٨م، استطاع العالم الألمانى «أوتو ليهمان» المتخصص فى دراسة درجات انصهار المواد من تعريف المادة وهى فى حالتها البلورية السائلة، خاصة أنه كان على دراية تامة بحالات التبلور فى المادة باستعمال المجهر البسيط. والجدير بالذكر، أنه خلال هذه الأثناء كان العالم النمساوى «فردريك

رينتزير» يحضر بعض المركبات العضوية التى تسمى «بنزوات كوليستريل»، ولاحظ خصائص غريبة تميز هذه المركبات خاصة بالقرب من درجة انصهارها. إلا أنه كان يعلم فى ذلك الوقت أن هذه المواد النقية قد تتغير من كونها فى الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة خاصة ومميزة. وبطريقة غير مألوفة شاهد «فردريك» أن لهذه المركبات نقطتين للانصهار باختلاف باقى المواد المعروفة. أحدهما عند درجة حرارة ١٤٥,٥°م وتتكون عندها سحب من المركب فى طورها السائلى والأخرى عند درجة حرارة ١٧٨,٥°م وعندها تصبح المادة فى حالة سائلة تماماً. وعند التبريد تعود المادة لوضعها الطبيعى. وتعاون العالمان فردريك رينتزير وأوتو ليهمان لكشف الغموض فى خواص هذه المواد. وفيما بعد، توصل أوتو ليهمان أن سبب السحابة السائلية عند درجة الحرارة ١٤٥,٥°م هو تكون طور جديد للمادة والذى سمى بالطور البينى "Mesophase". واتضح بعد ذلك أن المادة فى هذا الطور البينى يمكنها استقطاب الضوء بعكس السائل العادى الذى يظهر بلون أسود عند مشاهدته خلال مستقطب بصرى. أما

المادة فى طورها البينى فتضاء عند مشاهدتها خلال المستقطب البصرى وتظهر بألوان زاهية.

ولكى نتفهم هذه المعانى، نحن نعلم أن المصادر الضوئية المختلفة مثل الشمس أو المصابيح الكهربائية التقليدية، فإنها تنتج خليط من الموجات الكهرومغناطيسية التى تتذبذب فى كل الإتجاهات، فإذا تذبذبت هذه الموجات الضوئية فى مستوى واحد يقال أن الضوء مستقطب. ويمكن للمرء اختيار مستوى محدد للاستقطاب من الحزمة الضوئية، ويتم ذلك باعتراض الحزمة الضوئية بواسطة ما يسمى بالمستقطب البصرى (مثل قطعة البلوريد التى لا تسمح بمرور جزء من الشعاع الشمسى من الوصول إلى العين). وفى حالة مرور الضوء المستقطب خلال مستقطب ضوئى أخر يسمى «المحلل الضوئى» فى وضع عمودى على المستقطب الأول، فلا يمر الضوء ولا يتغير الوضع إلا إذا وضعت مادة شفافة بين المحلل والمستقطب البصريين.

والجدير بالذكر، أن العالم «أوتو ليهمان» كان على دراية مقدماً أن المواد الصلبة فى حالتها البلورية تستطيع تغيير مستوى

دوران الاستقطاب للضوء، بحيث تجعل الضوء ينفذ كاملاً خلال المحلل الضوئى (المستقطب الثانى)، خاصة أن الضوء يتكون من مجال كهرومغناطيسى متذبذب. وعندما تنتقل هذه الموجات عبر المادة البلورية فإنها تجعل إلكترونات المادة تتذبذب ذهاباً وإياباً. ولكن هذه الإستجابة غير لحظية وقد تبطىء سرعة انتشار الموجات الضوئية خلال المادة. هذه الظاهرة تسمى «الانكسار الضوئى». وفى بعض المواد التى تعتمد خصائصها الفيزيائية والكيميائية على ترتيب ذراتها، يكون تأثير التداعى الإلكترونى مختلف باختلاف إتجاهات الاستقطاب الضوئى.

والجدير بالذكر، أن لسرعة الضوء قيمتين يعتمدان على درجة الاستقطاب الضوئى بالنسبة للبلورة. هذا يؤدى إلى ما يسمى «بالانعكاس الثنائى» التى نشاهدها فى بلورات الكالسيت. وبالطبع التغيير فى معامل الانكسار للبلورات يتأثر أيضا بدوران مستوى الاستقطاب الضوئى مما يجعل الضوء يعبر خلال المحلل الضوئى. والنتيجة هى الحصول على هدب الانكسار الثنائى "Birefringence" بألوان زاهية.

ومن المعروف أن البلورات لها تركيب جزيئى محدد بها

كما ذكرنا سلفاً، يعتمد على تكرار ترتيب الذرات أو الجزيئات، وهذا عكس ذرات السوائل المختلفة التى ليس لها أى ترتيب. وبالتالى تكون هذه الذرات حرة فى حركتها العشوائية. وللسوائل معامل انكسار واحد، وهذا يجعلها تظهر سوداء اللون (عاتمة) خلال مشاهدتها من المحلل الضوئى.

ولذلك، فقد اندهش كل من فردريك وأوتو ليهمان عندما شاهدوا الهدب الملونة تظهر من المحلل الضوئى عند استعمال مادة بنزوات الكوليسترول السائلة وهى فى طورها البينى. ومنذ ذلك الوقت، بذلت الجهود المضنية لمعرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المواد البلورية السائلة.

والآن، دعنا نتساءل : كيف برزت أهمية المواد البلورية السائلة ؟

فى عام ١٩٢٤م، برزت أهمية المواد البلورية السائلة عندما نجح العالم الألمانى «دانيال فورلاندر» فى تحديد الشكل الجزيئى لمكونات المواد وهى فى حالتها البلورية السائلة. فقد اكتشف «دانيال» أن هذه الجزيئات تأخذ أشكال تشبه القضيب بدلاً من كونها أشكال كروية، كما هو الحال فى المواد

البلورية، التى تتماسك جزيئاتها معاً فى مكان محدد وتترتب بطريقة خاصة يكون لكل جزئ وضع خاص. أما الجزيئات على شكل قضيب بالإضافة إلى أن لها وضع خاص يكون لهم جميعاً نفس الإتجاه "Orientational order".

ومن المعروف أن البلورات العادية تنصهر عندما تتغلب الطاقة الحرارية المؤثرة على قوة الترابط الجزيئية، وبالتالى ينكسر الترتيب البلورى ويتهدم الترتيب الجزيئى المكانى. عندئذٍ، تتحرك الجزيئات بحرية وبطريقة عشوائية. أما فى حالة الجزيئات القضيبية فقد تحدث بها أشياء أخرى. على سبيل المثال، عند درجة حرارة معينة قد يكون مقدار الطاقة الحرارية غير كافى لتغير القوى الجزيئية المسئولة على الترتيب الاتجاهى.

هذا بالطبع ما شاهده العالم فردريك رينتزير فى تجربته السابقة، عندما وجد أن انصهار بلوراته تظهر من خلال سحابة سائلية، فى هذه الحالة تكون الجزيئات مخططة لأعلى فى اتجاه موازى تقريباً بعضها لبعض ولكنها موزعة عشوائياً فى الفضاء.

والترتيب الاتجاهى فى المادة يمتد ليغطى ملايين الجزيئات وعلى ذلك فإن توحيد الإتجاه يسمى «الموجه». والجدير بالذكر،

أن غياب الترتيب المكانى للجزيئات يغير من بعض الخواص الفيزيائية مثل تغيير قيمة معامل انكسار المادة، الذى يعتمد فى هذه الحالة على الاتجاه عند لحظة القياس بالنسبة للموجه. هذا الطور البينى يجعل المادة مرئية عند النظر إليها عبر المحلل الضوئى.

والملاحظ أنه عند زيادة التسخين، فإن هذا الطور قد يصل إلى درجة تهدم الترتيب الاتجاهى للجزيئات، فى هذه الحالة تصبح البلورات السائلة مجرد سائل عادى. ولذلك تسمى درجة الحرارة الظاهرية بأنها درجة الحرارة التى تناظر الانتقال من السحابة السائلة إلى السائل الظاهرى.

وعند التبريد، تحدث عملية عكسية، حيث ترتب الجزيئات القضيبية فى ترتيب التركيب المائع "Ordered fluid structure" هذا الترتيب المبسط للبلورات السائلة يسمى الطور النيماتى. وتعتبر مادة بنزوات الكوليستريل نوع خاص من الطور النيماتى اللاإنطباقى "Chiral nematic phase".

واللاإنطباقية هنا تعنى أن الجزيئات القضيبية تماثل اليد بدلاً من الشكل المسمارى. ففى حالة الطور النيماتى تستطيع

جزيئات المادة من دوران الجزيئات القريبة منها بهدوء. هذه الخاصية تجعل موجه الجزيئات ذاته يلف بطريقة حلزونية. ودورة الدوران الحلزونية الكاملة غالباً ما تكون بطول الطول الموجى للضوء المرئى. وهذا يعنى أن الطول الموجى المنعكس بواسطة هذا الطور النيماتى يعتمد على عدد الدوران فى الطول المحدد. هذا ما يشابه عدد الخطوط فى المحزوز المستخدم فى عملية الحيود الضوئى التى بواسطتها يمكن تحديد الطول الموجى المنعكس من المحزوز.

وعادة تسمى الأطوار النيماتية «بأطوار الكوليستريل» نظراً لأن هذه الخاصية تم مشاهدتها أول الأمر فى هذه المادة. وحالياً، يتم إنتاج هذه المواد فى أطوارها الكوليسترلية على مستوى تجارى، حيث أن انعكاساتها المنتخبة للضوء تكون مرتفعة وتتغير مع تغير درجة الحرارة. ولذلك تستخدم هذه المواد من البلورات السائلة فى صناعة الترمومترات وكذلك فى تغيير ألوان الأجسام الحرارية.

وهناك أنواع أخرى من مواد البلورات السائلة أكثر تعقيداً فى أطوارها. على سبيل المثال، هناك بعض المواد بتسخين

بلوراتها، فإن ترتيب جزيئاتها المكانى قد لا يتهدم تماماً، بل تتشكل فى طبقات جزيئية، بحيث تتفاعل الطبقات بعضها مع بعض. مما يجعل هذه الجزيئات تتحرك عشوائياً خلال كل طبقة. هذه الأنواع التى تحفظ الترتيب المكانى للجزيئات تسمى البلورات السائلة السيمكتيكية "Smectic Liquid Crystals"، وكلمة «سيمكتيك» مشتقة من اللغة اليونانية القديمة وتعنى محلول الصابون. وهذا يشرح حقيقة المادة الإنزلاقية.

وفى الحقيقة، تتواجد أنواع عديدة من البلورات السائلة التى تتضمن طرق مختلفة من الترتيب الجزيئى فى حالة وسط بين الترتيب التام فى الحالة البلورية وعدم الترتيب فى الحالة السائلية. وتمثل هذه التراكيب الجزيئية المعقدة نوع من «العمارة الجزيئية».

والآن، وبعد هذه السنين من الجهود المضنية فى مجال البحث والتطوير، نحن على أعتاب فهم أهمية هذه الأنواع من التأسيس الجزيئى فى الطبيعة. على سبيل المثال، جزئ ال د. ن. أ "DNA" الحامل للشفرة الوراثية للكائنات الحية يمثل الطور النيماتى. والطريقة السهلة المتبعة للتعرف على هذه

التراكيب الجزيئية هو دراسة نماذج هدب التداخل تحت مجهر بصرى مستقطب للضوء.

والمـواد البلورية السائلة لها العديد من الخصائص المفيدة. علـى سبيل المثال، بعض مـن هذه المواد تتأثر بتطبيـق المجالين الكهربائى والمغناطيسى. فى هذه الحالة تعيد المادة اتجاههـا الجزيئـى بحيث يكون موزاياً أو عمودياً على اتجاه المجـال الخارجى المؤثر. وبالتالى يتغير اتجاه الموجه. وهذا يعنى أن تغيير معامل الانكسار يؤدى إلى تغيرات فـى الخواص البصريـة للبلورات السائلة، ولذلك تستخدم هـذه المواد فـى إنتاج أجهـزة العرض المرئية التـى تستهلك طاقة أقـل بالمقارنة باستخدام الشاشات التـى تعتمد على أنابيب الشعاع الكاثودى المعروفة .

وفى الوقت الحالى، تم اكتشاف مواد بلورية سائلة فى طورها السيمكتيكى فيروكهربية "Ferroelectric Smectic Liquid Crystal". وتستخدم هذه المواد الآن فى صناعة التليفزيونات فائقة الدقة "High Defiinition Television (HDTV)".

والآن، تعتبر الدول المتقدمة تكنولوچيا البلورات السائلة الاستراتيچية مثل التكنولوچيا النووية وتكنولوچيا الليزر من الأسرار العسكرية بها، خاصة أن هذه المواد تستخدم فى أجهزة الرصد الضوئى وتوليد الضوء المميز والمضمنات البصرية وفى مجال المعلومات وفى الهندسة الوراثية وأجهزة الكمبيوتر فائقة الذاكرة... وخلافه.

الفصل الرابع

المـــادة والحضارة

منذ الأزل حاول الإنسان تسخير المادة واستغلالها فى شتى نواحى الحياة. وشهدت عمليات التطوير جميع الأجهزة والمعدات وسبل تصنيعها، الذى يعتمد على تطبيق جميع الأفكار العلمية ذات الصلة. فنرى على سبيل المثال، تطور نظم التصميم والبناء وتجميع أجزاء الماكينات وتحديد سلوك كل منها وكذلك شروط تشغيلها. وعموماً ترتبط عملية التصنيع بهندسة الماكينات وأجزائها الداخلية التى تعتمد على الإبتكار فى خلط المواد ومكوناتها. ولذلك يحتاج الإنسان إلى جهود العلماء والمهندسين معاً. فالعالم يضيف إلى المعارف أفكاراً جديدة ويعمل المهندس على تطبيق هذه الأفكار وتصنيعها فى شتى المجالات الفيزيائية والكيميائية والرياضية وكافة التخصصات البينية من ميكانيكا الموائع والجوامد والديناميكا الحرارية

وكذلك عمليات النقل ونظم التحليل... إلخ والتطبيق التكنولوچى للعلم يعتمد على توفير النفقات وأدوات الأمان الصناعى للتغلب على كافة التعقيدات وتحسين جودة الإنتاج. ويحتاج ذلك إلى توفير مصدرين طبيعيين هما : المادة والطاقة. والمادة تكون مفيدة لخصائصها العديدة نذكر منها معاملات الصلابة وسهولة التصنيع وخفة الوزن وقدرتها على البقاء ومعاملات العزل أو التوصيل الكهربائى بالإضافة إلى كافة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والكهربائية والسمعية الأخرى. أما المصادر الهامة للطاقة فنذكر منها وقود الاحتراق (الفحم - البترول - الغاز) وطاقة الرياح والطاقة الشمسية ومساقط المياه والاندماج والانشطار النوويين. ونظراً لأن المصادر الطبيعية للمادة والطاقة تكون محدودة، لذلك يعمل الإنسان دائماً على تطوير مصادر جديدة لتخليق مواد جديدة ومصادر للطاقة المتجددة.

لقد استخدم الإنسان المادة فى عمليات التشييد والبناء على يدى أول مهندس مدنى مصرى «امحتب» الذى شيَّد هرم

سقارة المتدرج. تطورت بعد ذلك أساليب استعمال المادة فى الهندسة المدنية فى العصر الفارسى واليونانى والرومانى، حيث استطاع العلماء استخدام المعارف الحاسبية والرسم الهندسى وخلط الألوان بكفاءة عالية.

وخلال القرن الثالث عشر وبداية عصر النهضة الأوروبية أمكن الاستفادة من علوم المواد والاتجاه نحو تصنيع الآلة. كما اشترك العلماء فى آسيا إلى تطوير تقنيات أخرى أكثر تعقيداً فى نظم الهيدروليكا والتعدين، مما ساهم فى خلق حضارات متقدمة. ومنذ القرن الثامن عشر تمكن الإنسان من تسخير المادة فى بناء شبكة من الطرق والسكك الحديدية مما سهل من وسائل الانتقال والمواصلات، تبع ذلك ميلاد الهندسة الميكانيكية وما أحدثته من ثورة صناعية هائلة. ومع نمو المعارف عن علم الكهربية ومساهمة العالمان اليسندرو ڤولتا وميكل فارادى عام ١٨٠٠ وآخرين تمكن الإنسان عام ١٨٧٢م من صناعة أول «موتور كهربائى».

وقد تطور مجال الهندسة الإلكترونية على يدى العالمين

الإنجليزى «جيمس كلارك ماكسويل» والألمانى «هنريتش هرتز» خاصة بعد تصنيع أنابيب التفريغ الكهربائية وما تبعه من اختراع الترانزستور فى أوائل ووسط القرن العشرين على الترتيب. كل ذلك نقل الإنسان إلى آفاق علمية وتكنولوچية جديدة.

والجدير بالذكر أن الهندسة الكيميائية شهدت تطورات هامة مع بداية القرن التاسع عشر خاصة بعد اكتشاف طرق التفاعلات الكيميائية ووسائل التعدين والتى تعتمد عليها الصناعات الغذائية والمنسوجات والعديد من التطبيقات الأخرى. ويعتمد التطور التقنى على القدرة على إيجاد حلول القضايا التى تواجه البشرية فى شتى نواحى الحياة والتى تعتمد بدورها على عوامل كمية وأخرى كيفية نذكر منها توفير الموارد الطبيعية والاقتصادية. على سبيل المثال تعتمد عملية تصنيع المواد الجديدة على التصميم ووضع الأفكار معا لخلق معالجة جديدة متميزة. وعلى الرغم من تنوع القضايا واختلافها من حيث درجة التعقيد، إلا أن طرق المعالجة يجب أن تكون قابلة للتطبيق فى إطار تحليلى بسيط.

والتصنيع التكنولوجى يعتمد على ستة عوامل هى: البحث والتطوير والتصميم والتشييد والإنتاج ثم الإدارة والعمليات. والمعروف أن البحث يعتمد على القواعد العلمية والرياضية والتقنيات التجريبية، وعادة يبحث الإنسان عن مبادئ عمليات مستحدثة. ويرتبط التطوير بالبحث عن اغراض ووسائل مفيدة والتطبيق المبتكر للمعارف، مثل تطوير الدوائر الكهربائية أو العمليات الكيميائية أو الآلات الصناعية الجديدة. أما التصميم فيعتمد على طرق اختيار المواد المستخدمة وتحديد الشكل والمواصفات المطلوبة. ويأتى دور التشييد ووضع المواد لاستخراج المنتج بالجودة المطلوبة، يتبع ذلك اختبار المنتج ومطابقته للمواصفات أما العمليات والإدارة فتتعلق بأساليب التحكم والنقل والاتصالات والإشراف على شئون الأفراد والتعامل مع العملاء والنشر والإعلان عن المنتج لتعظيم فائدته العملية والعائد الاقتصادى.

ويرتبط علم المواد بدراسة خواص المواد فى حالتها الصلبة وكيفية الاستفادة منها إلا أن هناك العديد من المواد لا يمكن

فهم خواصها بالطرق الكلاسيكية. ومع فهم الخواص الأساسية للمادة يمكن تسخيرها فى العديد من التطبيقات ابتداء من الفولاذ إلى الرقائق الإلكترونية المستخدمة فى صناعة الكمبيوتر وتستخدم المواد فى العديد من التطبيقات الهندسية مثل الإلكترونيات وعلوم الفضاء والاتصالات والمعلومات والطاقة النووية وتحول الطاقة. وفيمايلى سوف نتناول بعض من استخدامات المادة فى مجالات الطاقة والنقل الأرضى وعلوم الفضاء والحاسبات والاتصالات وأيضا فى المجال الطبى.

المادة والطاقة :

فى المجتمعات الصناعية المتقدمة تستخدم المادة والطاقة على نطاق واسع، خاصة فى وسائل النقل وعمليات التسخين والتبريد فى الاتصالات. وفى الحقيقة تعتمد الحياة المعاصرة على قدرة انسياب وانتقال الطاقة والمادة عبر نظام تكنولوچى - إقتصادى. ويعتبر هذان المصدران شريان الحياة للمجتمع الصناعى. وتلعب المادة دوراً هاماً فى جميع عمليات انتاج وتوزيع الطاقة وكيفية الاستفادة منها وعادة تستخدم مواد

خاصة لهذا الغرض أو ذاك. وتنقسم المواد المستخدمة فى مجال الطاقة إلى مواد نشطة ومواد خاملة. والمجموعات الخاملة من المواد تستخدم كوعاء لحفظ الطاقة أو فى أنابيب نقل الطاقة أو فى صناعة الحفارات. أما المواد النشطة فهى تستخدم فى تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، مثل الخلايا الشمسية وخلايا الوقود (البطاريات) والمحفزات والمغناطيسات فائقة التوصيل.

كما يمكن تصنيف المواد المستخدمة فى مجال الطاقة عن طريق إمكانية توظيفها، إما بالطرق التقليدية أو الطرق المتقدمة أو فى النظم المستقبلية الاحتمالية.

فى النظم التقليدية مثل وقود الاحتراق والمولد الهيدروكهربائى والمفاعلات النووية، فإن مشاكل المادة المستخدمة تكون معروفة وتتلخص فى التأثيرات الكيميائية للمواد مثل «التأكل» أما فى النظم المتقدمة فهى تعتمد على تطوير مراحل استخراج الطاقة والذى سيتضمن استخراج النفط من الصخور والانبعاث الفوتونى الكهربائى والطاقة الحرارية الأرضية وطاقة الرياح. أما نظم الطاقة المستقبلية الاحتمالية، فهى ليست على المستوى التجارى وتحتاج إلى أبحاث مستفيضة قبل

طرحها للاستخدام مثل وقود الهيدروچين والمفاعلات السريعة والتحول فى الكتلة والمغناطيسيات فائقة التوصيل للكهرباء الشديدة.

وجميع هذه التصنيفات تؤدى إلى رسم صورة واضحة لإرتباط المواد بالطاقة.

خلايا الوقود :

يعود تطوير خلايا الوقود (البطارية) إلى عام ١٨٣٩م، عندما استطاع الكيميائى «ويليام جروف» من استخدام الهيدروچين والأوكسچين كعامل مساعد لإلكترودات مصنوعة من مادة البلاتنيوم. وخلال عام ١٨٨٠م، تمكن الكيميائيان «لودڤيج موند» و«كارل لانجر» من تطوير خلية وقود يمكن استخدامها لفترة طويلة وذلك باستخدام مواد مسامية غير موصلة للتحكم فى انسياب المحلول الكيميائى. والجدير بالذكر أن الكيميائى «ويلهام أوستولد» استخدم الكربون خلال عمليات التحليل الكهربائى والذى يتحول إلى غاز ثانى أكسيد الكربون. وفى عام ١٩٣٢م، تمكن العالم «فرانسيس باكون»

والعاملون معه من ابتكار إلكترودات تتحكم فى تراكم الغازات فى المحاليل الكهربائية على أحد الجوانب بينما تتراكم السوائل الكهربائية فـى المحلول على الجانب الأخر. وقد تمكن العالـم السوڤيتى «أو – كى – دافيتان» من إجراء تجربة على خلايا الوقود من المواد القلوية التى تعمل عند درجات حرارة مرتفعة. ونظراً للحاجة المستمرة إلى مصادر تغذية كهربائية مستقرة أكثر كفاءة للعمل فى الأقمار الاصطناعية أو سفن الفضاء المأهولة اعطى ذلك الفرصة لتطوير خلايا الوقود. ففى حقبة الخمسينات والسيتينات من القرن العشرين، نجح العالمان «أ. أ. كتدلار» و«ج. هـ. برورز» فى اختبار خلية وقود يستخدم فيها أكسيد الماغنسيوم. ومنذ ذلك الحين تطورت صناعة خلايا الوقود واستخدام العديد من المواد مثل رقائق التفلون وتصنيع الإلكترودات من المعادن المختلفة ومن عنصر الكربون. وحاليا يوجد العديد من المواد الجديدة الأخرى التى تلعب الدور الرئيسى فى صناعة هذه الخلايا.

الخلايا الشمسية :

الخلايا الشمسية هى معدة إلكترونية تعمل على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية، وعادة تسمى هذه الخلايا «خلايا فوتوفولطية». وتختلف الخلايا الشمسية عن خلايا الوقود أو (البطاريات) بأنها لا تعتمد على التفاعلات الكيميائية فى إنتاج الطاقة الكهربائية وهى تختلف عن المولدات الكهربائية ولا تستخدم أى أجزاء متحركة. وتسمى الخلايا الشمسية «بالبطارية الشمسية» وتترتب الخلية الشمسية فى مجموعات كبيرة كل مجموعة تتكون من آلاف من الخلايا الانفرادية، ويعتبر كل منها محطة مركزية لتوليد الطاقة. كما يحدث بالضبط فى المفاعل النووى أو محطات توليد الطاقة من احتراق الفحم أو الزيت.

وتتميز الخلية الشمسية بصغر الحجم وتعدد الأشكال وتستخدم فى توفير الطاقة فى العديد من أجهزة الريموت. وهذه الأجهزة تكون مفيدة لتشغيل محطات ضخ المياه فى الصحراء وفى عمليات الانقاذ البحرى. كما أن الخلايا الشمسية تكون مثالية لتوفير الطاقة فى الفضاء وفى الأقمار الصناعية وفى

مجال الاتصالات وبحوث الطقس والمناخ. كما أنها تستخدم فى الألعاب الإلكترونية والحاسبات اليدوية وأجهزة الراديو والتليفون المحمول.

المادة والطاقة النووية :

بدءاً ذى بدء، الطاقة النووية هى تلك الطاقة التى تحرر أثناء عمليات إنشطار أو إندماج النووى فى الذرات المختلفة. ومن المعروف أن الطاقة لأى نظام فيزيائى أو كيميائى تعطى القدرة على بذل شغل أو انبعاث حرارة أو إطلاق شعاع. ودائما تخضع الطاقة الكلية للنظام لقانون البقاء. ويمكن تحويلها من صورة إلى أخرى مثل الطاقة الشمسية أو الحرارية أو الكهربية وحتى القرن الثامن عشر اعتمد الإنسان على الأخشاب كوقود، حيث تختزن الطاقة الشمسية فى النباتات خلال حياتها. ومنذ الثورة الصناعية اتجه الإنسان إلى المحروقات مثل الفحم والبترول. فعندما يحترق الفحم فإن ذرات الهيدروچين تتحد مع ذرات الكربون فى الهواء وينتج عن ذلك تكون الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون مع انبعاث طاقة حرارية تعادل ١,٦ كيلو وات لكل ساعة لكل واحد كيلو جرام من الفحم.

ومع تطوير ميكانيكا الكم تمكن الفيزيائيون من دراسة مكونات الذرة وتفجير طاقاتها الكامنة، من الناحية العملية يعتبر الإنشطار النووى ذو أهمية كبرى لتوليد الطاقة النووية. نظراً لأن الطاقة المولدة لكل عملية إنشطار تكون كبيرة على سبيل المثال ينبعث طاقة تقدر بحوالى ١٨,٧ مليون إلكترون ڤولت (١ إلكترون ڤولت يساوى ١,٦ × ١٠$^{-19}$ چول) فى الساعة من الحرارة لكل واحد كيلو جرام من عنصر اليورانيوم – ٢٣٥ . والجدير بالذكر أن الفيزيائى الإيطالى «انريكو فيرمى» استطاع عام ١٩٤٢م فى جامعة شيكاغو الأمريكية إنتاج أول تفاعل نووى متسلسل، وتم ذلك عن طريق ترتيب عنصر اليورانيوم المتعادل وتوزيعه خلال الواح من الجرافيت (نوع من الكربون) الذى يعمل كمهدىء لخفض سرعة القذائف النيوترونية اللازمة للتفاعل. ومنذ ذلك الحين نجح الإنسان فى بناء المفاعلات النووية وإنتاج الطاقة النووية الإنشطارية.

وتعتبر طاقة الاندماج النووى الاختبار الوحيد كمصدر للطاقة لا ينضب لفترات طويلة، وتكفى جميع الشعوب فى أنحاء العالم. وطاقة الاندماج آمنة وليس لها مخاطر إشعاعية أو

نفايات قصيرة ملوثة للبيئة، ولا تسبب احترار الأرض، ويتوقع الخبراء أن المستقبل سوف يشهد تطوير وإنتاج هذه الطاقة بأسعار اقتصادية ومن المعروف لدينا أن الشمس والنجوم الأخرى تستمد قوتها من عمليات الإندماج النووى التى تحدث بها. والاندماج النووى هو عملية توحيد لنوى الذرات الخفيفة وتشكيل نوى لعناصر ثقيلة. ويصاحب هذا التفاعل النووى انبعاث كمية كبيرة من الطاقة وفى هذه الحالة، يكون مقدار الكتلة الكلية لناتج التفاعل أقل قليلاً من مجموع كتل للنوى المتفاعلة، وفرق الكتلة يتحول إلى طاقة هائلة. والسؤال الذى يطرح نفسه الآن، لماذا يطور الإنسان طاقة الإندماج النووى ؟

طبقا لإحصائيات هيئة الأمم المتحدة، نجد أن عدد سكان الأرض سوف يتضاعف خلال القرن الحادى والعشرين وهؤلاء يحتاجون إلى ثلاثة أضعاف الطاقة المنتجة الآن، نتيجة للزيادة المتوقعة فى المجال الصناعي والنمو الاقتصادى ومن المعروف أن مصادر الوقود التقليدى من المحروقات (كالفحم والبترول والغاز الطبيعى) سوف تنضب فى فترة زمنية تقدر من ٥٠ - ١٠٠ عام. والاعتماد على هذه المواد مستقبلاً سوف يزيد من تلوث

البيئة واحترار الأرض بما ينذر بمخاطر جسيمة. كما أن توفر المياه فى المحيطات يكفى لتوفير عنصر الهيدروچين (المستخدم فى المفاعلات النووية الاندماجية) لملايين السنين. لذلك بأن تكنولوچيا الطاقة الشمسية والمتجددة سوف تلعب دوراً رئيسياً فى المستقبل.

وحالياً يهتم العلماء بمواجهة القضايا التكنولوچية لتنمية إنتاج الطاقة النووية الاندماجية خاصة بعد المشاهد السلبية وعدم الوعى لدى المواطنين التى تقاوم انتشار المفاعلات النووية الانشطارية لما تسببه من ارتفاع منسوب الأشعة الضارة والنفايات النووية المستخدمة فى صناعة الأسلحة النووية.

المادة والإلكترونيات الدقيقة :

لعبت المادة فى أطوارها البينية المختلفة دوراً هاماً فى تطوير التكنولوچيا الإلكترونية وفى شتى المجالات. هذه التكنولوچيا تعتنى بتصميم الدوائر الإلكترونية لجميع الأجهزة والمعدات. وعن طريق التحكم فى مسار الإلكترونات بهذه الدوائر يمكن إرسال واستقبال وتخزين المعلومات وتتألف هذه الإشارات من

موجات راديوية أو تليفزيونية ويمكن تحويلها إلى إشارات رقمية يمكن التعامل معها بواسطة أجهزة الكمبيوتر.

والجدير بالذكر، كان لاكتشاف الخصائص المميزة لمواد اشباه الوصلات (فى حالاتها الصلبة) وترتيبها بشكل يسمح بالتوصيلات الكهربائية الفضل الكبير فى تطوير علم الإلكترونيات الدقيقة وما نشاهده اليوم من صناعة الدوائر الإلكترونية المتكاملة التى تحتوى على أكثر من ألف ترانزستور وقطع أخرى صغيرة من المواد تسمح بتصميم كافة الأجهزة الإلكترونية المعقدة المستخدمة فى شتى المجالات الطبية والزراعية والصناعية، وفى علوم الفضاء والطاقة وأيضا في مجال العلوم العسكرية والاستشعار عن بعد والأقمار الصناعية والكمبيوتر إلى أخره.

المادة والنانوتكنولوجيا :

فى العقد الأخير من القرن العشرين، نجح العلماء فى اكتشاف طرق جديدة لترسيب المواد المختلفة فى أحجام متناهية الصغر تقدّر بالمقياس الناتومترى (واحد نانومتر يساوى جزء واحد من ألف مليون جزء من المتر)

وفى الوقت الحالى، أصبح هذا العلم مرتبط بتطور المواد المتقدمة والمواد البيولوچية والإلكترونيات الحيوية والهندسة الجزيئية. والسؤال الهام الذى يطرح نفسه يتعلق بمدى استخدام المواد المصنعة على المقياس النانومترى وربطها مع النظم البيولوچية مثل تصنيع الشبكات العصبية الإلكترونية والتعامل مع الإشارات المرسلة والمستقبلة. وعلم النانوتكنولوچى هو ببساطة التصنيع الجزيئى أى بناء الأشياء ذرة بذرة أو جزيئاً بجزىء. ويتوقع الخبراء استخدام الناتوتكنولوچيا فى المجالات الآتية :

١) التركيب الذاتى للمنتجات الإستهلاكية حسب الطلب وإصلاحها وصيانتها.

٢) إنتاج كمبيوتر أسرع بلايين المرات من الكمبيوتر الحالى.

٣) توفير وسيلة انتقال للفضاء بطريقة أمنة وسهلة.

٤) توفير معدات طبية تعالج أمراض الشيخوخة وغيرها.

٥) توفير التعليم ورفع كفاءته لجميع أطفال العالم عن طريق المجال الجديد المسمى بتكنولوچيات المخ.

٦) دراسة المكونات الأرضية والنظام الشمسى والاستشعار البيئى عـن طريق نشر الغبار الذكى الذى يجمع المعلومات مـن كل مكان.

المادة وتكنولوجيا الليزر :

فى بداية الستينيات من القرن العشرين، حقق الفيزيائيون حلمهم وتمكنوا من توليد أشعة الضوء المميزة التى أطلقوا عليها اسم «الليزر». هذا الاسم مشتق من المصطلح الانجليزى :

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

ويعنى باللغة العربية : التضخيم الضوئى بواسطة الانبعاث التحريضى (الحثى) للإشعاع».

وتعتمد فكرة إنتاج أشعة ضوئية من ذرات المواد المختلفة على معرفة الأطياف الذرية المرتبطة بمناسيب الطاقة لهذه الذرات، والتى تتواجد بها إلكترونات الذرة.

ونتيجة لحدوث اضطرابات فى عملية الانتقال الإلكترونى بين هذه المناسيب الطاقية أثناء عملية تهيج الذرات (وإنتقال

الالكترونات إما صعوداً لمناسيب طاقية أعلى، أو هبوطاً إلى مناسيب طاقية أسفل من منسوب الطاقة المستثارة إليها الذرة) فيحدث إمتصاص أو أنبعاث لطاقة فوتونية (كهرومغناطيسية) تساوى مقـدار الفرق بين المناسيب الطاقية التى يحتلها الإلكترون قبل وبعد حدوث الانتقال. والجدير بالذكر أن العلماء قد نجحوا فى تضخيم الأشعة الضوئية المنبعثة عن طريق الانتقال الإلكترونى بطريقة التحريض وذلك باستخدام مركبات بصرية مختلفة مثل المرايا. وفى الوقت الحالى أمكن توليد أشعة الليزر المميزة لتغطى المدى الطيفى المرئى وغير المرئى للموجات الكهرومغناطيسية خاصة فى مدى الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية. وتم تصنيع أنواع عديدة من مولدات الليزر فـى حالات المادة الأربعة : الصلبة والسائلة والغازية والبلازمية.

ويتميز شعاع الليزر عن الضوء التقليدى بأربع خصائص هى :

١) شدة الكثافة الضوئية.

٢) كفاءة التوجيه الضوئى.

٣) أحادية اللون.

٤) التوافق الموجي.

ونظراً للخصائص الفريدة المميزة لأشعة الليزر فقد أطلق عليها العلماء شعار «الحل الذى يبحث عن مشكلة» ! وحالياً يستخدم الليزر فى العديد من التطبيقات فى شتى المجالات نذكر منها :

أولاً : المجالات الطبية :

يستخدم الليزر الآن وبكفاءة فى أغراض التشخيص والعلاج نذكر منها ما يلى :

١) علاج أمراض العين (مثل لحام الشبكية وعيوب القرنية).

٢) معالجة الزوائد اللحمية الداخلية.

٣) تشخيص واستئصال بعض الأورام السرطانية.

٤) انتفاخ الأوعية الدموية عند المصابين بمرض السكر.

٥) الجراحة العامة.

٦) عمليات التجميل والتكميل وإزالة النمش والوشم.

٧) أمراض الأذن والحنجرة.

٨) المناظير الطبية.

٩) تفتيت حصوات الكلى والمسالك البولية.

ثانيا: المجالات الزراعية :

يستخدم الليزر فى تطوير الخدمات الزراعية الآتية :

١) تسوية الأراضى الزراعية التى تعمل على زيادة رقعة الأرض المزروعة وتوفير فى مياه الرى.

٢) المعالجة الجينية للمحاصيل.

٣) الهندسة الوراثية.

ثالثا: المجالات الصناعية :

يستخدم الليزر فى العمليات الصناعية الآتية :

١- القص. ٢- اللحام. ٣- التنقيب.

٤- القطع والإزالة. ٥- التبخير.

٦- المعالجة الحرارية.

٧- الصناعات الإلكترونية الدقيقة.

٨- التصميم والتفصيل.

رابعاً : المجالات الهندسية والبيئية :

يستخدم الليزر فيما يلى :

١) قياس المسافات والمساحات بدقة.

٢) قياس تدفق السوائل.

٣) قياس الحركات الدورانية والدوامية.

٤) قياس السرعات.

٥) ميكانيكا الجزيئات.

٦) قياس تلوث البيئة.

خامساً : مجالات علوم الفضاء والإتصالات :

تستخدم أشعة الليزر عبر الأقمار الاصطناعية فى مجالى :

أ) الاتصالات. ب) القياسات الدقيقة.

سادساً : مجال الفنون والتسلية :

يستخدم الليزر فى التطبيقات الآتية :

١- الطباعة الدقيقة. ٢- التصوير المجسم.

٣- النقش وتقطيع السراميك.

٤- التسجيلات العلمية والصوتية.

سابعاً : مجال المعلومات ومكافحة الإجرام :

يستخدم الليزر فى مجال تخزين المعلومات واسترجاعها وكذلك فى الحاسبات المستعملة بالمحلات التجارية للتحكم فى قوائم البيع. كما يستخدم الليزر فى مساعدة المكفوفين وفى أجهزة الانذار لأغراض الحراسة وأيضا تحصيل البصمات وتسجيلها رقميا.

ثامناً : مجال المختبرات التعليمية والبحوث العلمية :

يستخدم الليزر فى مجال تطوير البحوث فى العلوم الأساسية الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وفى بحوث الطاقة وتطوير علوم المواد.

تاسعاً : مجال العلوم العسكرية :

يستخدم الليزر فى التطبيقات العسكرية الآتية :

١- رصد وتحديد الأهداف.

٢- التوجيه والتحكم الصاروخى.

٣- أعمال المناورات. ٤- الإنذار المبكر.

٥- أجهزة الرادار. ٦- أجهزة الاتصالات.

المواد الجديدة والمستقبل :

خلال العقود القليلة الماضية، استطاع العلماء من انتاج العديد من المواد الجديدة العضوية التى غيرت من نوعية وصورة المنتجات والتى تستخدم فى الأغراض المدنية والعسكرية. على سبيل المثال مادة التفلون يمكن استخدامها فى أوانى الطهى أو كمواد طبية وفى عمليات نقل الأعضاء ومن المعروف أن هذه المواد تم استخدامها كصمامات عازلة أثناء الحرب العالمية الثانية. كما أن المواد المخلطة التى هى أخف من الألومنيوم وأقوى من الفولاذ تستخدم فى معالجة أثار الزلازل وفى صناعة الطائرات

وفى صناعة الأجهزة الرياضية والموسيقية. ونحن الآن نشاهد بداية ثورة علم المواد، فالمواد الذكية سوف تقدم لنا فى المستقبل وسائل للتفكير ومحاكاة حياتنا وتغيير كل شيء مألوف لدينا، على سبيل المثال هناك منسوجات مصنعه من مواد البلمرات تكون مقاومة للحرائق وتستخدم لفترة طويلة وقد اعتمدت عليها بعض الجيوش كبدل للأفراد تقى من برودة الطقس. كما تستخدم هذه البلمرات فى صناعة الأوعية الدموية الاصطناعية وتركيب الأنسجة. وهناك مواد جديدة تستخدم فى رش ماكينات الطائرات لحمايتها من الحرارة الزائدة ومقاومة الأعطال، وقد تم إنتاج أنواع من البلمرات المرنة التى تستخدم فى صناعة السيارات، وتتميز هذه المواد البلاستيكية التى يمكن تأسيسها بوحدات جزيئية متراصة تكون مناسبة لصناعة بلمرات أشباه موصلات التى تستعمل فى بناء الترانزستورات والدوائر الإلكترونية المتكاملة، ويتوقع الخبراء أن تساهم هذه المواد العضوية المستخدمة فى صناعة الإلكترونيات البلاستيكية إلى ابتكار دوائر إلكترونية ذكية ومستشعرات كيميائية فائقة الدقة.

والجدير بالذكر، أن الأكاديمية الملكية السويدية للعلوم أعلنت عام ٢٠٠١م، فوز الأمريكيين «إريك كورنيل» و«كارل ويمان» والإلمانى «فولفجانج كيترلى» بجائزة نوبل وذلك لاكتشافهم حالة جديدة من حالات المادة. وقالت الأكاديمية فى حيثيات منح الجائزة أن العلماء الثلاثة اكتشفوا حالة جديدة من حالات المادة فائقة النقاء. ويمكن توظيف نتائج هذه الأبحاث فى مجالات الإلكترونيات والكمبيوتر وأجهزة الملاحة الجوية لإجراء قياسات متناهية الدقة ويمكن الاستعانة بهذه الاكتشافات فى صنع دوائر كمبيوتر مجهرية الحجم تصغر كثيراً عن مثيلاتها المستخدمة اليوم. كما أنها أسرع وأقوى. وبالإمكان استخدام هذه المواد فى أجهزة الإرشاد الملاحى وعدادات الجاذبية الأرضية التى يمكنها رصد مواقع الطائرات وسفن الفضاء لمسافات بعيدة فى غاية الدقة والجدير بالذكر أن هؤلاء العلماء نجحوا فى جعل الذرات تغنى فى حالة من التناغم الصوتى ليكتشفوا بذلك حالة جديدة من حالات المادة. وتتحرك الذرات فى الحالة الغازية عادة بصورة ترددية شبه

عشوائية مثل كرات البلياردو ولكن عند تبريد هذه الذرات إلى درجة تقرب كثيراً جداً من الصفر المطلق، تصطف هذه الذرات جنباً إلى جنب كالجنود مكونة صورة جديدة من المادة ليست هى بالصلبة أو بالسائلة أو حتى بالغازية. وهى حالة يمكن التنبؤ بحركة الذرات خلالها والتحكم فيها أيضا.

✍ ✍ ✍

رقم الإيداع : ٢٠٠٤/٣٥٥٥
ISBN : 977-281-248-7

مطابع الدار الهندسية/القاهرة
تليفون/فاكس : (٢٠٢) ٥٤٠٢٥٩٨